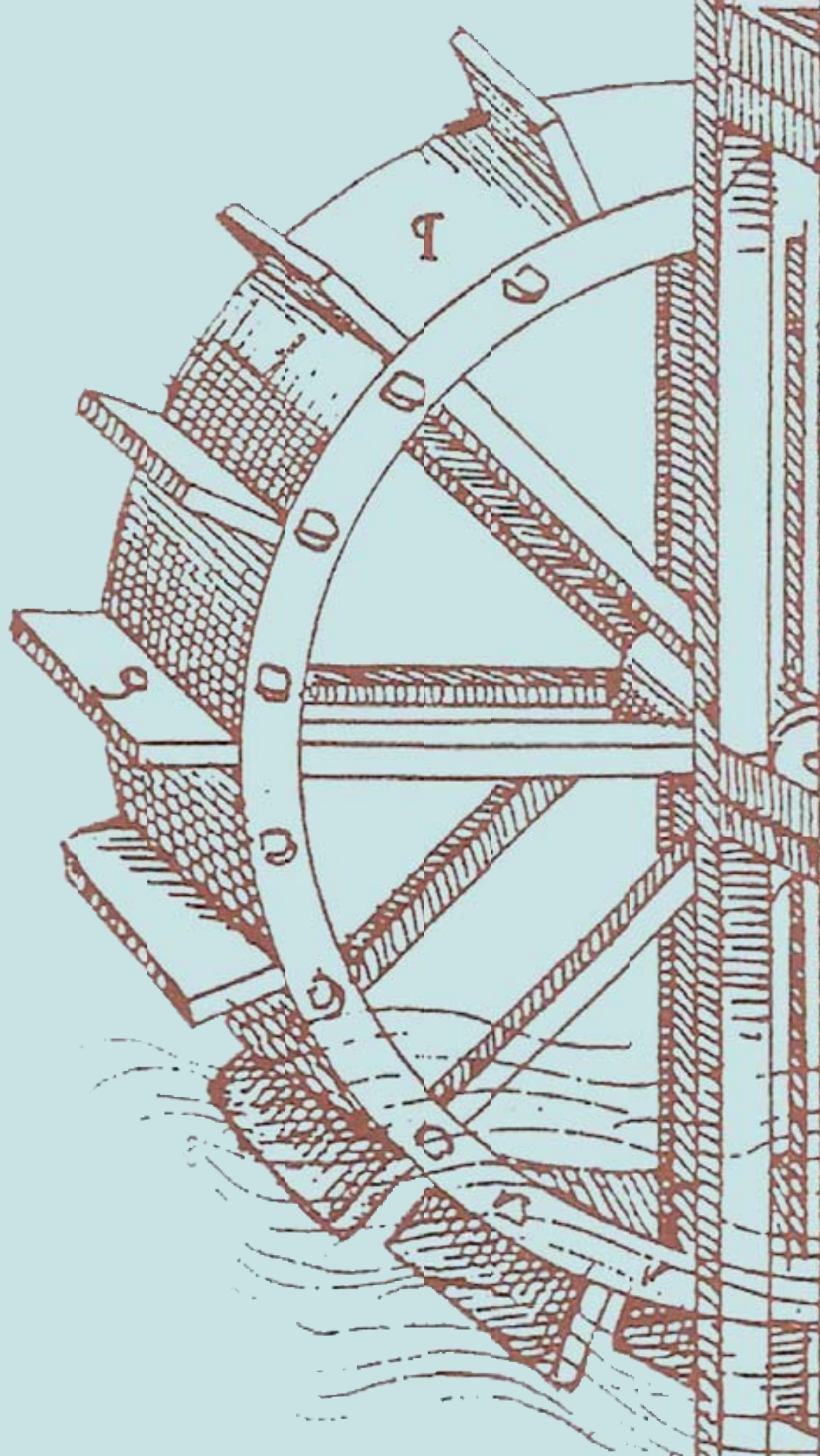


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

1987
2012



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

1987

2012

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

1987
2012

25 años





José Antonio García-Diego.

Edición	FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO
Diseño y maquetación	MARÍA EUGENIA BLÁZQUEZ RODRÍGUEZ
Producción editorial	EDICIONES DEL UMBRAL
Traducción	BERNARDO REVUELTA POL
Impresión	BRIZZOLIS
Encuadernación	RAMOS

© de la edición, Fundación Juanelo Turriano

© de los textos, sus autores

© de las imágenes, sus autores

ISBN: 978-84-937754-4-5

D.L: M-38573-2012

Las maquetas que aparecen en las fotos, salvo indicación en contra, pertenecen a la Colección de Maquetas de Obras Públicas del CEDEX

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

PATRONATO

VICTORIANO MUÑOZ CAVA
Presidente

JAVIER GOICOLEA ZALA
Vicepresidente

PEDRO NAVASCUÉS PALACIO
Secretario

JOSÉ CALAVERA RUÍZ
DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ HERNÁNDEZ
FERNANDO SÁENZ RIDRUEJO
JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON
Vocales

FRANCISCO VIGUERAS GONZÁLEZ
Presidente de Honor

COMISIÓN ASESORA

FERNANDO SÁENZ RIDRUEJO
Presidente

ANTXON AGUIRRE SORONDO
CARLOS BLÁZQUEZ HERRERO
ALICIA CÁMARA MUÑOZ
LUÍS ALBERTO DE CUENCA Y PRADO
JUAN LUÍS GARCÍA HOURCADE
JOSÉ MARÍA GOICOLEA RUIGÓMEZ
JOSÉ MANUEL GUINEA PÉREZ
MANUEL LOMBARDERO SOTO
ALFONSO MALDONADO ZAMORA
JOSÉ MAÑAS MARTÍNEZ
ROSARIO MARTÍNEZ VÁZQUEZ DE PARGA
ANTONIO MONFORT BERNAT
ÁNGEL MORENO SANTIAGO
CARLOS PEÑA MARTÍNEZ
JULIO PORRES DE MATEO
Vocales

DIRECTOR GERENTE

BERNARDO REVUELTA POL



Victoriano Muñoz Cava en el Deutsches Museum de Múnich,
15 de marzo de 2011.

En el XXV aniversario de nuestra Fundación Juanelo Turriano, es una feliz iniciativa publicar este libro para contar su historia y sus principales actividades a nuestros amigos y colaboradores.

Este trabajo ha sido posible gracias a la ilusionada colaboración de nuestros patronos, empleados y amigos, coordinados por nuestro director-gerente Bernardo Revuelta.

La Fundación Juanelo Turriano fue creada en 1987 por un atípico ingeniero de Caminos, José Antonio García-Diego, quien destinó parte de los frutos de una carrera profesional y empresarial llena de éxitos al estímulo de la curiosidad intelectual que cultivó durante toda su vida: el fomento de la investigación histórica de la técnica y la ciencia, el fin de la Fundación tal y como figura en sus estatutos.

Ni la creación de una Fundación a cargo del mecenazgo privado, ni los mencionados objetivos resultaban habituales en la España de 1987. Sin embargo, un cuarto de siglo después, las iniciativas desarrolladas por nuestra institución, el apoyo recibido y la difusión alcanzada revelan que la decisión de García-Diego respondía a una necesidad cierta y compartida de la cultura española.

La Fundación Juanelo Turriano ha promovido multitud de proyectos para impulsar el conocimiento de la historia de la técnica, la ciencia y la ingeniería: libros y publicaciones, exposiciones, becas de doctorado, premios de investigación, organización de cursos y conferencias, participación en congresos, labores de documentación, compra y digitalización de fondos bibliográficos son algunos de ellos. En este último aspecto, la Fundación desarrolla la ambiciosa digitalización de algunos libros de su biblioteca especializada, que cuenta con 8.000 títulos, poniéndolos a disposición del público a través de su página web.

La excelencia, la puesta en valor del patrimonio técnico y científico español, y su internacionalización, la colaboración con instituciones públicas y privadas, así como el apoyo a investigadores han sido los principios y objetivos a los que ha dirigido sus iniciativas, variadas pero complementarias. Nos sentimos orgullosos de que la Fundación Juanelo Turriano sea hoy una referencia para los expertos y todos los interesados en este campo.

En los proyectos de la Fundación, recogidos en este libro a través de su memoria gráfica, han participado investigadores y destacadas personalidades de la cultura y la empresa en España. Uno de sus mayores logros ha sido aglutinar el esfuerzo de muchos, que han aportado su sabiduría y experiencia en la consecución de sus objetivos.

La Fundación Juanelo Turriano no celebra hoy solo sus veinticinco años de existencia, sino también la plena vigencia de sus fines. Mira al pasado para afrontar con mayor decisión el futuro. La iniciativa emprendida por García-Diego, sus objetivos de conocimiento y su ámbito de aplicación son horizontes que, lejos de caducar, siguen formando un proyecto estimulante, exigiendo si cabe mayores afanes en un mundo –también el de la investigación historiográfica– que cambia con rapidez y plantea nuevos desafíos. Los valores de ilustración, esfuerzo, colaboración y liberalidad que han nutrido a la Fundación desde su creación, son los más adecuados para afrontarlos y seguir trazando caminos de futuro.

Victoriano Muñoz Cava
Presidente de la Fundación Juanelo Turriano

índice

15

El ingeniero sentimental o una vida a contracorriente: José Antonio García-Diego.
Antonio Recuero

29

La tecnología del siglo XVI en España: algunas observaciones.
Thomas F. Glick

41

Ciencia, técnica y sociedad en España (siglo XIX).
José Manuel Sánchez Ron

57

Un episodio de la historia de la conservación del patrimonio tecnológico en España. La destrucción del Artificio de Juanelo en 1868.
Daniel Crespo Delgado

67

El Artificio de Juanelo Turriano en Toledo: una reconstrucción frustrada.
José Antonio García-Diego

85

Juanelo Turriano. Vida y obra

90

El Artificio de Toledo

96

Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas

100

El legado de la Ingeniería

120

Caminos terrestres y marítimos

126

Construcción

138

Hidráulica

142

Ingenieros y constructores

154

Ingenios y Máquinas

160

Molinos

164

Relojes

171

Anexos

artículos

EL INGENIERO SENTIMENTAL O UNA VIDA A CONTRACORRIENTE: JOSÉ ANTONIO GARCÍA-DIEGO

ANTONIO RECUERO

Director de la Revista Fomento

Si, como sugiere Ortega y Gasset, la vida no es más que una serie de colisiones con el futuro y no la suma de lo que se ha sido, sino de lo que se anhela ser, hubo al menos dos momentos cruciales en la vida de José Antonio García-Diego (Madrid, 1919-1994) en los que su anhelo o, si se prefiere, la impostura de ser otro muy distinto al que en ese momento era, no solo fue determinante en su propia vida sino también en la creación de la que probablemente fue su obra más querida, la Fundación Juanelo Turriano.

El primero de esos momentos tuvo lugar en 1939, recién terminada la Guerra Civil, y tuvo que ver con su deseo de hacerse ingeniero de caminos, canales y puertos. Esa decisión no habría tenido en sí nada de excepcional si en su caso no hubiera implicado renunciar o al menos postergar otra vocación, la de historiador, tanto o más fuerte en él, como luego se vería. Su padre, Tomás García-Diego, era ya, desde los años 20, profesor de Arte en la Escuela de Ingenieros y le había inculcado desde muy niño una pasión por la lectura que no abandonaría nunca, y especialmente por ese amplio abanico de saberes que entonces se llamaba genéricamente Humanidades: Arte, Historia, Literatura, Filosofía.



Una vocación inesperada

Aunque elegantemente hermético en lo personal, acaso porque cualquier protagonismo siempre se le antojaba tan descortés como abusivo, muchos años después, en alguno de los congresos que hubo de presentar como presidente de ICOHTEC (International Committee for the History of Technology), José Antonio García-Diego se atrevería a insinuar su nula vocación para la enseñanza y su escasa capacidad para la oratoria. Y quizá fueron esas algunas de las razones que le disuadieron de inclinarse por la Historia, o por cualquiera otra de esas materias en las que ya llevaba un largo camino recorrido, a la hora de emprender los estudios de grado superior. Disciplinas que, entonces como hoy, abocaban sin apenas más opciones al ejercicio de la docencia, para el que quizá muy exageradamente se veía tan sin cualidades. Porque muy humorísticamente, con la aguda ironía que le caracterizaba y entre su círculo de colaboradores más cercanos, en algún momento él mismo también confesaría que si llegó a hacerse inge-



Busto de José Antonio García-Diego, realizado por Manuel Díaz-Marta y perteneciente a la Fundación Juanelo Turriano.

A la derecha, Tomás García-Diego de la Huerca, catedrático de Historia del Arte en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

niero debió de ser sobre todo por el fatal instinto juvenil de asesinar a la figura paterna, tan bien definido por Freud como complejo de Edipo. Algo que acaso no deba interpretarse como mera broma, pues en esos años, y más aún en el ambiente de las escuelas técnicas, imperaba una fuerte cultura del desdén hacia toda formación que pudiera antojarse demasiado teórica y que se condensaba en la frase: “el que sabe hacer, hace; el que no, enseña, y el que ni esto, escribe un libro”, lanzada con especial ferocidad por parte del alumnado a cuantos profesores les dispensaban algún tipo de molesto magisterio, sin apenas excepciones.

Pero más allá de las burlas y enredos del subconsciente, en la decisión de José Antonio García-Diego de hacerse ingeniero sin duda pesaron también otras dos importantes razones. Por un lado, como deja entrever en muchos de sus escritos, un fuerte compromiso ético, su convicción bien afianzada de que el ejercicio de la profesión derivaba en un extenso beneficio común o social. Y por otro, un irrenunciable sentido de independencia y libertad, la de administrar su tiempo y propio criterio sin rendir otras cuentas a más terceros que la propia conciencia.

Para entender el primero de esos motivos es preciso subrayar que, en correspondencia, ese bien común y quienes lo hacían posible, los ingenieros, gozaban aún en esas primeras décadas del siglo XX de un reconocimiento y un prestigio sin reparos por parte de la sociedad, extensivos al cuerpo y a la Escuela en la que se formaban, que podían confrontarse sin complejos a los mejores de Europa gracias a los sólidos pilares dejados más de un siglo antes por Agustín de Betancourt. Y gracias también, sin duda, al exigente rigor mantenido en el nivel de conocimientos que debía avalar a cuantos aspiraban primero al ingreso en ella y luego a licenciarse.

Ingenieros habían sido quienes iniciaron y continuaban haciendo posible empresas tan heroicas y de tantísima utilidad como las traídas de agua y luz a las ciudades, apreciadas conquistas de un creciente bienestar doméstico; ingenieros eran quienes encabezaban obras tan admiradas como lo fueron en la capital las del Canal de Isabel II, o del Metro, o las de las redes de telégrafos y teléfonos. Ingenieros eran, en suma, quienes convertían los sueños del progreso en cercana realidad.

Así pues, sin la objeción ambiental de hoy, en la decisión de hacerse ingeniero por parte de la juventud de entonces latía más un cierto sentido romántico que pragmático, el de responder a la vaga llamada de una atrayente percepción heroica de la profesión, o al menos a la de verse a sí mismos como hombres de acción, capaces de llevar a cabo obras canonizadas como útiles y sólidas y, si también bellas..., que lo dijeran siempre otros.

Estudiar en la posguerra

Sin embargo, recién terminada la Guerra Civil hacer realidad los sueños juveniles de una vocación no era tarea fácil. En esa primera posguerra en la que J. A. García Diego inició los estudios de Ingeniería, en el otoño de 1939, en la vieja Escuela del cerro de San Blas, restaurar otra vez la normalidad anterior no era misión sencilla.

Gracias a la inteligente dirección de Vicente Machimbarrena, la Escuela había recuperado otra vez el esplendor de sus mejores momentos entre los años 1924 y 1936, cuando su Junta Directiva se vio finalmente forzada a suspender las clases, con la mayor parte del claustro de profesores y el alumnado enrolado voluntariamente en uno y otro bando. En 1926, con Rafael Benjumea al frente del Ministerio de Fomento, Machimbarrena había logrado obtener el estatuto de autonomía para la Escuela, lo que había propiciado también la posibilidad de nuevas vías de financiación e ingresos.

Además de captar para la docencia a los más brillantes ingenieros, matemáticos y geólogos del momento (Torres Quevedo, Torroja, Rey Pastor, Clemente Sáenz), Machimbarrena fue un decidido impulsor de la formación práctica y técnica, al modo de los modelos alemán e inglés, cuyas escuelas había tenido la oportunidad de conocer de cerca en un largo periplo por Europa, causándole una excelente impresión, al contrario de la histórica École Nationale des Ponts y Chaussées de París, que también había visitado y cuya formación se le antojaba ya obsoleta y demasiado decantada hacia vertientes científico-matemáticas.

De acuerdo con esas ideas, impulsar la modernización de los laboratorios y lograr el más exigente grado de prácticas para el alumnado fueron dos de sus grandes caballos de batalla al frente de la Escuela. La guerra interrumpió desafortunadamente esos planes y el edificio fue destinado a cuartel de guardias de asalto, sufriendo al menos dos bombardeos, aunque al parecer no llegaron a causar daños severos.

Reanudadas las clases en el otoño de 1939, con Machimbarrena ya jubilado, aunque la Escuela mantuvo inicialmente su estatuto de autonomía, la dura realidad de las restricciones presupuestarias hizo difícil recuperar el impulso de progreso anterior.

Esa precariedad de medios debió afectar especialmente en esos primeros años de posguerra al equipamiento técnico de los laboratorios y las clases prácticas. Manuel Aguilar López, su director entonces, lo pone de relieve con más o menos delicadeza en un artículo publicado en el número 2757 de la *Revista de Obras Públicas* dedicado a Madrid en el año 1945: "Actualmente en los Laboratorios de Hidráulica se hacen ensayos hasta en el suelo, y lo que es peor, alguno tan fundamental como el de la presa de Cíjara, se ha hecho al descubierto. Al llegar el invierno no resulta esto posible; pero ¿cómo decir a la Superioridad y a las empresas que esperen, cuando todos estamos convencidos de que los ensayos en modelos reducidos son fundamentales, tanto desde el punto de vista técnico como del económico? ¿Coartaremos el espíritu investigador de los Profesores Águila y Becerril, que tan magníficos resultados están obteniendo? ¿Qué posición adoptar sobre los ensayos que se solicitan del extranjero?".

En ese Laboratorio y en esos ensayos, bajo la dirección del citado Antonio del Águila y Rada y junto a un escogido grupo de alumnos, pasó sus últimos años en la Escuela J. A. García-Diego.

Estreno profesional

Con el profesor Del Águila, la relación académica se tornó pronto en franca amistad, pues ambos eran ya apasionados bibliófilos y compartían un mutuo interés por la Historia de la Técnica. Experto conocedor de los más remotos autores y tratados de Arquitectura Hidráulica, Del Águila le guiará en la búsqueda de ediciones raras y curiosas.

En 1946, Del Águila, que es nombrado director de la empresa Aguas y Saltos del Zadorra, influirá también de modo decisivo en la vida de García-Diego, al recomendarle para su primer trabajo como profesional.

Aguas y Saltos del Zadorra, filial de Altos Hornos de Vizcaya, tiene entre sus objetivos la regulación del río Zadorra, en Álava, para asegurar el abastecimiento de agua y electricidad a la comarca del Gran Bilbao. Para la dirección de las obras Del Águila confía en Emeterio Cuadrado, que contará con Francisco Ruiz de Velasco y José Antonio García-Diego como ingenieros adjuntos. A García-Diego, entre otros cometidos, le corresponderá el seguimiento del proyecto del salto de Barazar, concebido como pieza clave en la generación de electricidad.



Durante ese tiempo y aprovechando su estancia en Villarreal de Álava, por encargo de Del Águila, García-Diego dedicará buena parte de sus ratos libres a recorrer la comarca hasta localizar las presas de contrafuertes diseñadas por el caballero Pedro Bernardo Villarreal de Bériz en las cercanías de Markina y Lekeitio, construidas hacia finales del siglo XVII y primeros del XVIII. Además de estudiarlas sobre el terreno, entablará contacto con algunos familiares, descendientes directos del noble vasco, que le abrirán los archivos que aún conservan y le ayudarán a poner en orden valiosos datos de su vida y obra. Sólo muchos años más tarde, en 1971, García-Diego se atreverá a dar a conocer los resultados de esas investigaciones en un extenso artículo publicado en la *Revista de Obras Públicas*.

La experiencia americana

Dos años más tarde, en 1948, obtiene una beca como ingeniero en prácticas en el U.S. Bureau of Reclamation, el mayor abastecedor de agua del oeste de Estados Unidos. Allí trabajará unos cuantos meses en la oficina de proyectos de la sede central de Denver, para trasladarse luego a Knoxville y Chicago, a las oficinas de la Tennessee Valley Authority, el otro gran coloso norteamericano del abastecimiento hidroeléctrico, adscrito también al Departamento del Interior de ese país.

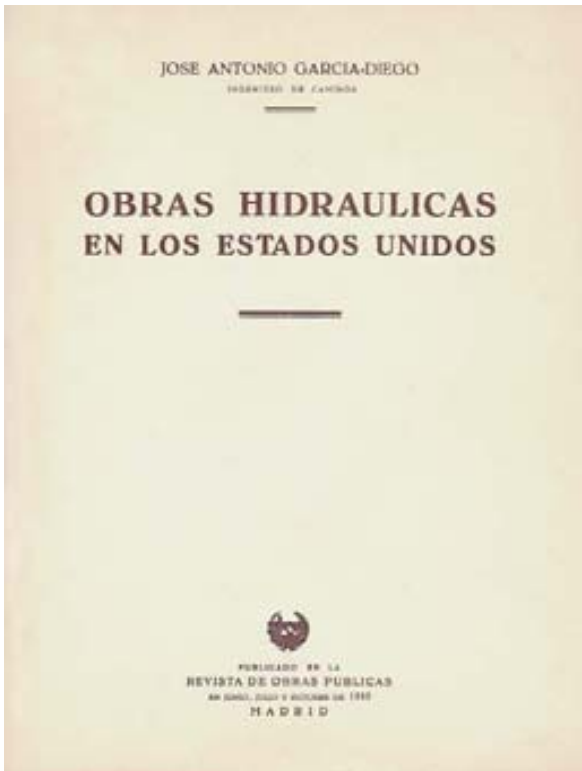
Ambas experiencias le permitirán ser testigo inmediato de los espectaculares progresos alcanzados allí en materia hidráulica y en la estandarización y especialización de los procesos de construcción de las mayores infraestructuras para abastecimientos que se han creado nunca, lo que se traduce en unos ahorros de costes y tiempo impensables entonces a este otro lado del Atlántico. No menos le admirarán también el dinamismo y la receptividad de la sociedad norteamericana hacia la innovación y los progresos técnicos en cualquier parcela, incluida, por supuesto, la hidráulica, que convierte en auténticos y exitosos museos vivos obras como la presa Hoover.

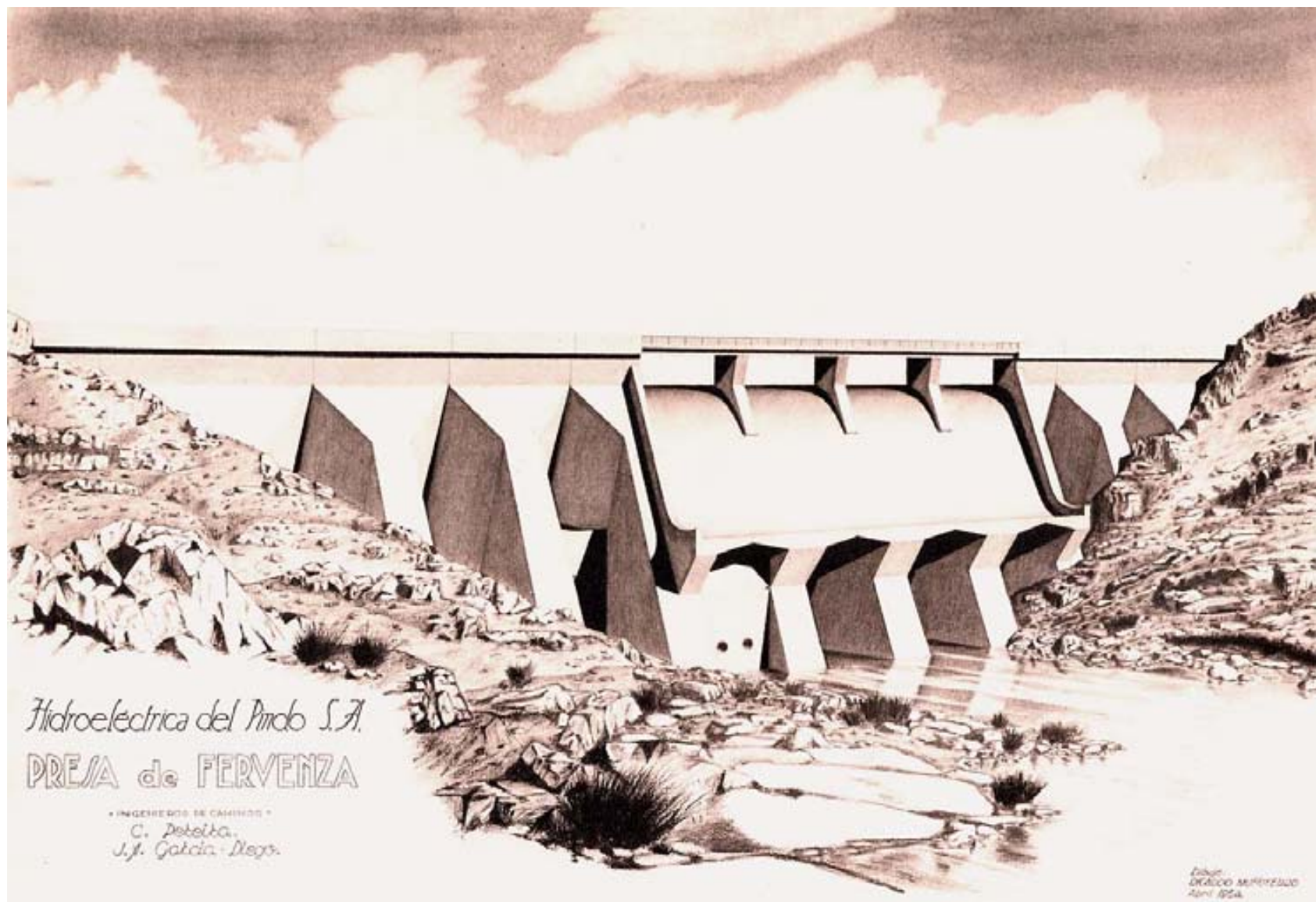
A su regreso a España, en 1950, una buena parte de todas esas impresiones sobre los avances técnicos y otras más personales quedarían recogidas en una serie de artículos para la *Revista de Obras Publicas*, con la que empieza colaborar.

En ese año comenzará también a trabajar, en el diseño de presas, para algunos departamentos de proyectos de las grandes empresas constructoras de nuestro país. Pero su fuerte carácter independiente y el estímulo de su experiencia americana le animan a crear junto a Fernando Pérez Gil y Modesto Vigueras, amigo y viejo compañero de estudios en la Escuela, un proyecto empresarial de nuevo cuño.

Bajo el nombre de Onuba S.A. constituyen en 1953 lo que, en principio, no pasa de ser un humilde estudio-escoba que se hace cargo de los pequeños proyectos que otras empresas más grandes no quieren o de los que liberan a sus equipos acuciados por otras prioridades. Uno de los primeros trabajos será la desecación y canalización de las marismas del Odiel con vistas a futuros asentamientos industriales.

Posteriormente, la expansión de las grandes compañías eléctricas en esos años cincuenta les permitirá ir obteniendo poco a poco más de un éxito en algunos concursos importantes. García-Diego firmará, entre otros, los proyectos de la presa de San Juan, en el Alberche, y de la de Fervenza, en el río Pindo.





La presa de Fervenza, según un dibujo de Ricardo Muñoyerro.



José Antonio García-Diego presenta al ministro de Educación Manuel Lora-Tamayo unas muestras de los equipos importados y distribuidos por Onuba.

A la derecha, los talleres del servicio técnico de Onuba en la calle Prim de Madrid.

Una empresa de éxito

Mas pronto intervendrán también la especial visión y sentido de anticipación del futuro de García-Diego para dar un giro decisivo en esa actividad y convertir a Onuba en una empresa de éxito. Con las ganancias obtenidas, decide comprar a la Nuclear Chicago Corporation la licencia de importación de los primeros equipos de mediciones basados en radiaciones gamma que se introducirán en España, y que tendrán un amplio abanico de aplicaciones, desde el diagnóstico médico a la teledetección o el control de obra. A esos equipos seguirá la introducción igualmente de los primeros contadores Geiger y de reguladores automáticos de riego.

El éxito es prácticamente inmediato y a finales de la década Onuba se ha convertido en una de las empresas europeas más punteras en la aplicación de tecnología nuclear para uso civil.

Esos buenos resultados le permitirán potenciar y ampliar también su actividad en el campo de la Ingeniería, participando en algunas de las grandes obras públicas que se desarrollan a lo largo de los sesenta en España, como la autopista Madrid-Ocaña, los túneles del Tibidabo en la autopista barcelonesa del Vallés, el túnel de Guadarrama o el aeropuerto para la base militar de Rota.



La vida gira

Hacia la primavera de 1968, la del estallido de tantos descontentos, comenzarán a tener lugar una serie de acontecimientos que a la postre significarán otro giro definitivo en la vida de García-Diego, una encrucijada inesperada que le pondrá, más de treinta años después, otra vez frente al anhelo relegado de su vocación por la Historia.

El primero de ellos es la noticia de que la Confederación Hidrográfica del Tajo ha hecho pública la convocatoria de un concurso cuya finalidad última es evaluar los posibles efectos adversos del trasvase Tajo-Segura, de modo singular en el entorno de la ciudad de Toledo.

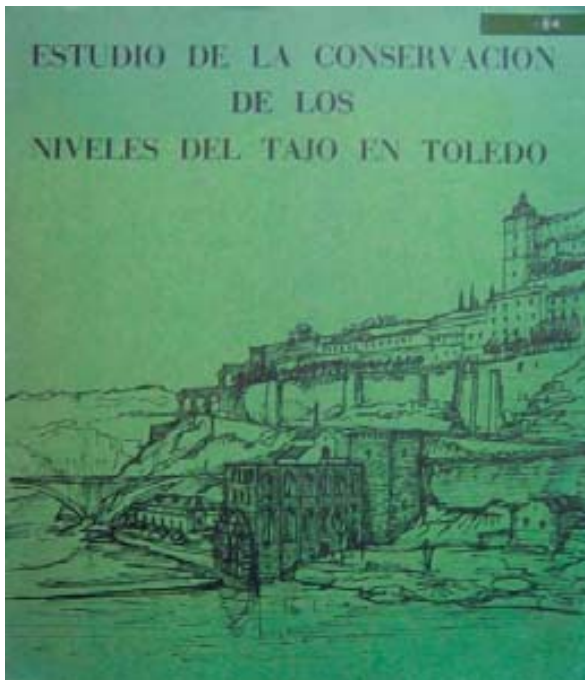
Aunque el proyecto original del trasvase es de Lorenzo Pardo y se remonta a los años de la II República, el régimen franquista ha puesto tanto esfuerzo en hacer de las obras el mejor símbolo de sus políticas de desarrollo, y con tan excesiva persistencia, que los abusos propagandísticos han tenido la virtud de suscitar reacciones contrarias a las esperadas, sembrando dudas cada vez más manifiestas sobre sus presuntos beneficios, cuando no abiertas críticas que apuntan hacia graves afectaciones por la merma de caudales en amplias zonas de la cuenca. El objetivo del concurso es evaluar todos esos posibles efectos adversos en el curso del río y en el entorno de la ciudad.

La razón sentimental

Tras leer con cierto detenimiento las bases de esa convocatoria, José Antonio García-Diego intuyó una oportunidad única, acaso ese proyecto siempre soñado por todo ingeniero para justificar una vida y una obra. De la mano de su padre ha recorrido mil y una veces esa ladera que otorga a la ciudad su porte más monumental, ha frecuentado las sendas junto a la orilla y sabe de la historia de cada rincón y cada piedra, y de cómo la contaminación y el abandono lo han ido dañando todo hasta arrasar el paraíso perdido de la infancia.

Con la resolución implacable de los entusiastas, en el plazo más breve que marcan los estatutos, reúne de urgencia a la Junta de Accionistas de Onuba, a la que manifiesta su intención de concurrir, y hacerlo, además, con una oferta tan baja que, de seguro, produciría pérdidas, sin que haya otra razón para arriesgarse en ese empeño más allá del hecho de que el proyecto coincide en todo con uno de sus mayores intereses vitales.

Obtenida la aprobación sin apenas reparos por parte de la mayoría de socios, desde ese mismo momento asume él mismo la dirección de los trabajos, organizando dos equipos técnicos bien diferenciados: de un lado los que se encargarán de los estudios puramente hidrológicos (seguimiento de caudales y aforos aguas arriba de la ciudad, localización y propuestas de infraestructuras alternativas para incrementar y regularizar las reservas hídricas, especialmente en períodos de sequía...), y de otro los que asumirán las propuestas de recuperación de entornos, especialmente en el tramo más urbano del Tajo, desde sus orillas hasta el primer lienzo de muralla, el gran trozo de ladera que a lo largo de las últimas décadas se ha convertido en



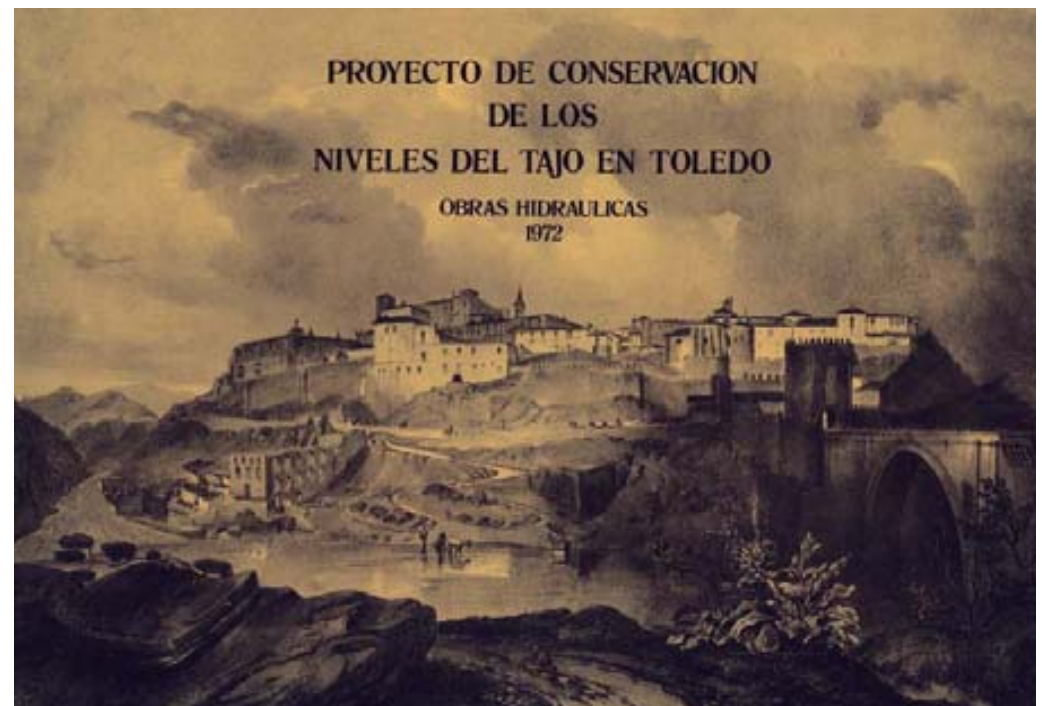
La primera propuesta de reconstrucción del Artificio de Juanelo, redactada en el año 1970.

improvisada escombrera, un campo colector de toda clase de vertidos clandestinos que afea sobremanera la vista más monumental de la ciudad.

Y es en esta segunda parte del proyecto en la que García-Diego concentra sus mayores esfuerzos y se reserva también sus mejores bazas. Conocedor como pocos de la historia de la ciudad, comienza a agrupar a un heterogéneo equipo de cualificados expertos (historiadores, arqueólogos y arquitectos, con Fernando Chueca-Goitia al frente).

En su cabeza bulle ya la idea que le deslumbró nada más tener conocimiento del concurso convocado por la Confederación: la oportunidad única para recuperar esa ladera, en la que se concentra un excepcional conjunto de restos históricos (la torre de Hierro, el Baño de la Cava, la casa del diamantista, el acueducto romano, el embarcadero de la Virgen del Valle) en trance de desaparición definitiva, la posibilidad de hacer de ella un punto de encuentro único de Toledo con lo mejor de su historia.

Tras una larga serie de exámenes sobre el terreno y de búsqueda en los más diversos archivos hasta configurar el posible rostro perdido de ese trozo de la ciudad, Onuba concluye en apenas un año un primer estudio que es entregado a los responsables de la Confederación. A grandes rasgos, las líneas maestras de su propuesta se concretan en una recuperación ordenada y respetuosa del paisaje de la ladera y de los restos arqueológicos más importantes, evitando en ambos casos añadidos extemporáneos. Para otorgar mayor potencial turístico y recreativo, que sea un área de expansión incluso para los propios toledanos, se diseñan itinerarios peatonales y paseos que enlazan los distintos monumentos.

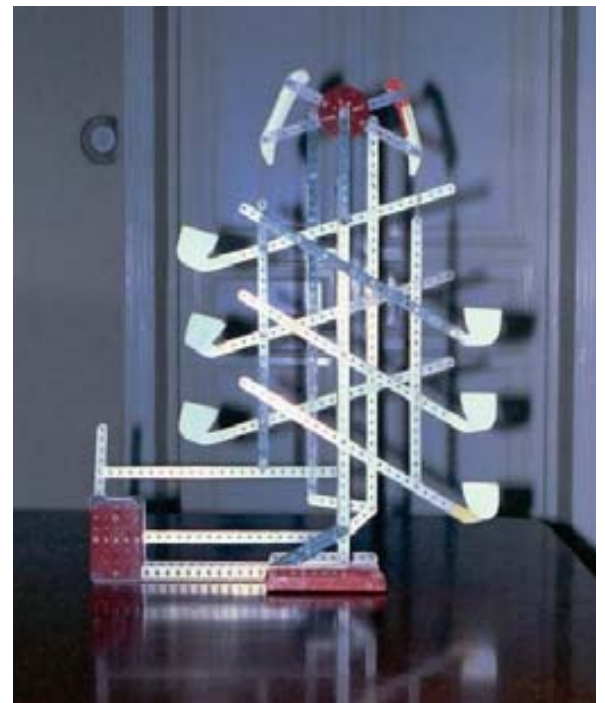


La propuesta de reconstrucción se interpreta en un proyecto más amplio, encaminado a la conservación de los niveles del Tajo a su paso por Toledo y la elevación de los márgenes.

Se trata en suma de un esmerado proyecto pionero que anticipa en más de una década lo que serán luego los grandes preceptos que regirán la recuperación urbana de muchos de nuestros centros históricos: integración de los espacios recuperados en la trama urbana, adaptación discreta a nuevos usos ciudadanos, potenciación del paisaje, máximo respeto al patrimonio monumental e histórico, etcétera.

Solución a un largo misterio

Pero la clave de todo el proyecto, la actuación en la que José Antonio García-Diego ha depositado sus mayores ilusiones y esfuerzos, es la reconstrucción del Ingenio de Juanelo Turriano. Gracias a la conferencia pronunciada, en 1967, en la propia ciudad, por Ladislao Reti, uno de los mayores expertos en ingeniería y técnica del Renacimiento, el interés por todos los misterios que han rodeado a la figura del más famoso ingeniero de Carlos I y Felipe II experimenta uno de sus momentos de mayor efervescencia. En la conferencia, Reti desgrana los resultados de su exhaustiva investigación de más de diez años en archivos de España y Europa, y expone una hipótesis muy convincente que deja al descubierto los secretos del mecanismo de Juanelo, un persistente enigma que nadie había logrado resolver en cuatrocientos años.



José Antonio García-Diego con Ladislao y Chiquita Reti. A la derecha, uno de los primeros modelos del mecanismo del Artificio según las hipótesis de Reti.



La conferencia, que ha obtenido una gran repercusión en los ambientes académicos y universitarios extranjeros, proyecta también el nombre de Toledo otra vez por el mundo y, cercana la conmemoración del IV centenario de la inauguración del primer Ingenio de Juanelo, las autoridades locales empiezan a plantearse diversas posibilidades a fin de darle el mayor relieve, entre otras la de encargar una reconstrucción del Artificio de acuerdo a las sugerencias del propio Reti, idea que finalmente quedará plasmada en la primera de las maquetas a escala construida por el artesano toledano Juan Luis Peces Ventas y que hoy se conserva en el Museo de la Diputación.

El proyecto de José Antonio García-Diego va, sin embargo, más allá de la efemérides y busca hacer de la reconstrucción del Ingenio, en el mismo lugar de la ribera donde aún se conservan sus últimos restos, el eje nuclear sobre el que gire la recuperación de la ladera y del río. Será resultado de las aportaciones de Chueca-Goitia en el diseño arquitectónico del edificio y de Ladislao Reti en todos los aspectos técnicos y mecánicos del Artificio.

Como criterio general, el aspecto externo del edificio busca ajustarse lo más fidedignamente posible a la imagen que de él ha perdurado a través de algunos de los grabados más antiguos. Se trata, sin embargo, de una reconstrucción muy parcial, pues Chueca-Goitia opta por prolongarlo solo en un corto tramo, desde la gran torre a pie de río, que incorpora las norias, hasta una tercera torre, suficiente para proporcionar una idea de cómo era todo el sistema que llevaba el agua hasta el Alcázar. Se evita de ese modo afectar a los tráficos que circulan junto al primer cinturón de murallas.

En los interiores, además de los depósitos y mecanismos del Ingenio, se habilitan dos espacios expositivos, uno de ellos destinado a acoger todo lo referente al Artificio y la vida y obra de Juanelo, y otro, junto a la entrada principal, dedicado a la Historia de la Hidráulica y a alguna de las obras más importantes realizadas por el hombre en ese campo, desde la época romana al momento presente.

Ese estudio preliminar es finalmente presentado a los responsables de la Confederación Hidrográfica del Tajo, que, tras su examen, adjudican a Onuba el proyecto definitivo. Durante casi otros dos años más los equipos de Onuba trabajarán en el desarrollo detallado de cada una de las propuestas contenidas en el estudio, quedando todo el proyecto concluido en 1972.

Muchos años después, en una páginas de la *Revista de Occidente*, el propio García-Diego evocaría la satisfacción entonces de todos cuantos se habían involucrado durante casi cuatro años en los trabajos: "Nos sentimos muy felices y orgullosos de nuestra labor desinteresada, algunos consideraban —con razón, creo— que cuando la obra estuviera terminada, sería la más importante reconstrucción tecnológica existente en cualquier país".

La primera maqueta del Artificio, obra de Juan Luis Peces Ventas, que se custodia en la Diputación Provincial de Toledo.



Proyecto frustrado

Aunque el proyecto mereció los comentarios más elogiosos, como es sabido ninguna de las actuaciones sugeridas en él llegó a realizarse, con excepción quizá de algunos trabajos de limpieza puntuales en la ladera. Unas veces la falta de acuerdo económico entre las distintas administraciones implicadas sobre las cantidades a aportar, alguna falsa polémica cebada de intereses ocultos, otras, han venido aplazando las posteriores tentativas de reconstrucción del Ingenio.

La certeza progresivamente asumida de que el proyecto más querido de toda su carrera como ingeniero acaso no se realice, las muertes de su padre y de Ladislao Reti en 1973, irán induciendo a García-Diego a buscar y encontrar nuevos sentidos a la vida en los misterios de la Historia.

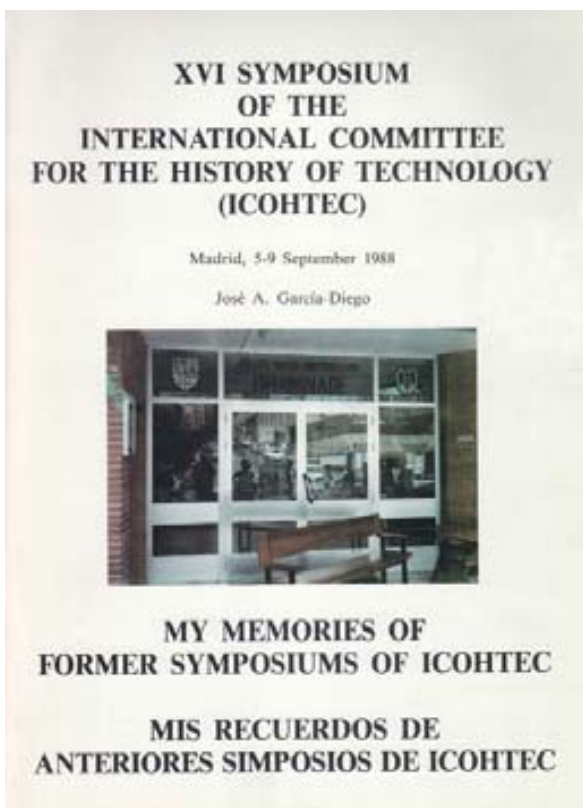
Si en 1971, animado por Reti, publica sus estudios en torno al caballero Pedro Bernardo Villarreal de Bériz y asiste por primera vez a un congreso de ICOHTEC (Committee for the History of Technology), donde comienza a fraguar muy firmes amistades, en 1973 inicia una larga serie de investigaciones sobre el terreno en torno a 26 presas extremeñas posteriores a la dominación romana y con unas singulares técnicas constructivas basadas en contrafuertes la gran mayoría. Ambas investigaciones, que anticipan ya su sagacidad y ágil capacidad para combinar los más variados conocimientos entre sus mejores virtudes como historiador, quizá no obedecen al azar y guardan el interés de acotar y perseguir algún cabo suelto que le pudiera conducir hacia la que ya ha comenzado a ser también su mayor y casi obsesiva empresa: la vida y obra de Juanelo Turriano, a las que dedicará casi íntegros los diez siguientes años de su vida.

En 1974 ingresará en la Sociedad Española de las Ciencias y las Técnicas, cuya vicepresidencia asumirá posteriormente, en 1986. Entre 1970 y 1982, ingresará, además, en algunas de las más prestigiosas asociaciones de Inglaterra y Estados Unidos dedicadas al estudio de la historia científica y técnica, como la Society for the History of Science Society (Estados Unidos) y la Newcomen Society (Reino Unido).

Fruto de su ardua labor de investigación en archivos de España y Europa será la publicación en 1982 de la primera biografía del ingeniero cremonés: *Los relojes y autómatas de Juanelo Turriano*, y un año después, en 1983, la primera edición impresa completa de los cinco volúmenes de *Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas*, donde ya sugiere que la atribución de la autoría a Juanelo ha sido casi con toda seguridad un error.

En esos años, José Antonio García-Diego comienza también a implicarse con su entrega y generosidad proverbiales en las actividades de ICOHTEC. Y en 1986, confiando en sus buenos oficios, el comité ejecutivo le encomienda la organización de su XXVI Simposio en España.

Aunque renuente al inicio, por el temor acaso de no hallar todas las complicidades y apoyos necesarios en España y decepcionar así expectativas, confiando finalmente en su buena amistad con José Antonio Fernández Ordóñez y en el recién creado CEHOPU, aceptó al cabo el reto, convencido también de que el esfuerzo podía merecer la pena si todo ello servía para estimular en nuestros ambientes universitarios el interés por unos estudios inexistentes: los



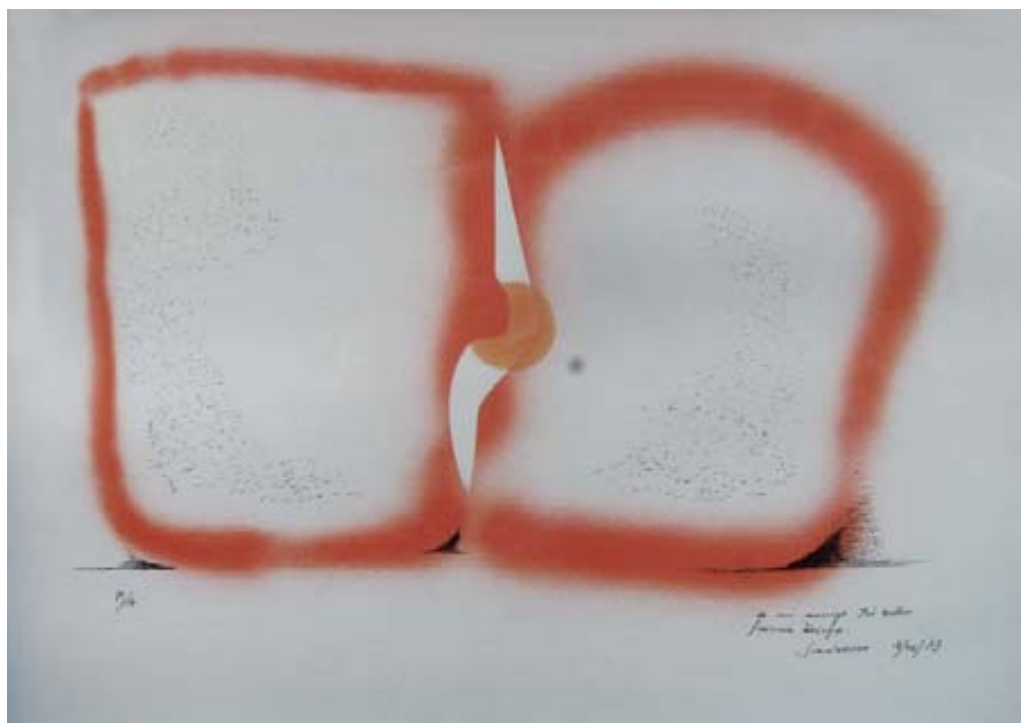


Begoña García-Diego, Bernardo Revuelta García, el notario Pérez Jofre y José Antonio Fernández Ordóñez en el acto de la firma de la constitución de la Fundación Juanelo Turriano.

Litografía de Pablo Serrano dedicada a José Antonio García-Diego.

de Historia de la Técnica. Y durante la preparación del Simposio, persuadido de que el esfuerzo invertido no debía esfumarse —como casi siempre sucede tan lamentablemente en muchas otras empresas patrias— en la perentoriedad del acontecimiento, se animó a crear en 1987 la Fundación Juanelo Turriano.

A ese empeño, que bien pronto supo sería sin duda el último de su vida, dedicó toda su fortuna y energías. Y de tal modo que la ciega enfermedad no pudo evitar que la Fundación acumulara en apenas cinco años, los que siguieron hasta su muerte, un 26 de enero de 1994, toda la solidez y rodaje de una veterana institución, ni que él hallara acaso una probable felicidad en el regreso definitivo al paraíso renunciado de la lejana juventud, el que él llamaba “el laberinto tranquilo de la Historia”.



NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

MANUEL AGUILAR LÓPEZ, “La Escuela de Ingenieros de Caminos y Madrid”, *Revista de Obras Públicas*, nº 2757, Madrid, 1945.

J. A. GARCÍA-DIEGO, *Discurso de bienvenida al XIX Congreso de ICOHTEC*, Viena, 1991.

— “El artificio de Juanelo Turriano en Toledo: Una reconstrucción frustrada”, *Revista de Occidente*, nº 64, Madrid, 1986.

VICENTE MACHIMBARRENA, “Memorias de la Escuela de Caminos: época contemporánea del cronista”, *Revista de Obras Públicas*, Madrid, 1940, 1941 y 1942.

LADISLAO RETI, *El artificio de Juanelo Turriano en Toledo: Su historia y su técnica*.

LA TECNOLOGÍA DEL SIGLO XVI EN ESPAÑA: ALGUNAS OBSERVACIONES

THOMAS F. GLICK
Boston University



Manuscrito con la patente para una máquina de vapor de Jerónimo Ayanz y Beaumont, 1606. España. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Archivo General de Simancas. CCA,CED,171.

En un importante libro, escrito para demostrar la relación entre la ideología de los puritanos ingleses y la práctica de la ciencia y tecnología, el sociólogo Robert K. Merton también proponía una explicación de cómo ciencia y tecnología están condicionadas por amplios factores económicos: una mayor densidad de población incrementa la demanda de alimentos y de los medios para su transporte a los centros de consumo. A su vez este proceso estimula la inventiva, acrecentando el prestigio de ingenieros e inventores, así como de los estudiosos de la ciencia, especialmente en las disciplinas prácticas, como la geometría y la astronomía aplicada.

El crecimiento de la población y su mayor densidad intensifican las interacciones sociales, lo que resulta en un incremento en el reclutamiento de científicos e inventores, todo lo cual conduce a la institucionalización de la ciencia y la ingeniería. Este proceso se desarrolló en España entre 1500 y los comienzos del siglo XVII. La expansión económica que acompañó al Descubrimiento y al auge del imperio español estimuló la inversión en tecnología, favoreciendo a su vez la actividad científica. Este proceso tiene ciertamente una raíz económica, pero los factores sociales fueron de gran importancia en el desarrollo tecnológico. En tanto en cuanto la inventiva, y como resultado la ciencia, se convirtieron en actividades de prestigio, el número de sus practicantes aumentó, incluso con el patrocinio real, y el crecimiento se alimentó a sí mismo. La Casa de la Contratación, el Consejo de Indias y la Academia de Matemáticas llegaron a ser instituciones activas que favorecían la tecnología y la ciencia, y muy en particular la ciencia aplicada.

Cuando a finales del siglo XVI el crecimiento de la población y la expansión económica declinaron, operaron los mismos mecanismos, pero en sentido contrario: una menor demanda de nuevos inventos y a su vez un recorte del apoyo y de la confianza en la ciencia. Podríamos considerar como punto de inflexión que marca el comienzo de la decadencia tecnológica el poco interés manifestado por la Casa Real en la patente para una máquina de vapor tipo Savery que presentó Jerónimo de Ayanz y Beaumont en 1606.

Tecnología del Renacimiento

Dos aspectos de la cultura renacentista, ambos cultivados en España y frecuentemente enfrentados entre sí, fueron, por un lado, la reverencia hacia los antiguos clásicos y, por otro, la cada vez mayor importancia atribuida a los datos empíricos. Así, aunque la geografía de Pto-

lomeo había sido revisada y convertida en la base de la geografía del siglo XVI, hacia finales de siglo la cosmografía antigua había prácticamente desaparecido, abrumada ante la avalancha de nuevas observaciones realizadas por exploradores y navegantes. Ya que resultaba imposible adecuar la abstracta, geométrica descripción ptolemaica del globo a los nuevos datos obtenidos de la observación, sencillamente se prescindió de Ptolomeo.

Un ejemplo del auge del empirismo, en el que los “filósofos” fueron relegados en favor de un procedimiento totalmente novedoso, se produjo en la aplicación del método de patio para la amalgamación de la plata, utilizado por primera vez en Pachuca (México) en 1555 por el sevillano Bartolomé de Medina (1493-1567), que decía haberlo aprendido “de pláticas con un alemán”. Ocurriría posiblemente en la España peninsular, donde se habían arrendado muchas minas a emprendedores alemanes. El método o beneficio de patio resultó difícil de controlar allí donde se introducía, porque requería su adaptación a las características de los minerales del lugar; por ello su desarrollo fue siempre dependiente de los resultados empíricos de ensayos realizados localmente.

Cuando se observa la destilación para la elaboración de medicinas y perfumes encontramos un completo rechazo de la autoridad clásica. El centro de experimentación en esta materia se encontraba en la Real Botica de El Escorial, institución patrocinada por Felipe II. En el sentido más amplio se entendía como destilación la preparación de “quintaesencias” por procedimientos químicos, no necesariamente con instrumentos de destilación propiamente dichos, y estaba relacionada con la iatroquímica propuesta por Paracelso. Este cuerpo de conocimiento se recogió en un amplio tratado titulado *Arte Separatoria* ... (Sevilla, 1598), escrito por el extremeño Diego de Santiago (último cuarto del siglo XVI), seguidor de Paracelso. El *Arte* de Santiago se fundamenta principalmente en sus propios experimentos, con respecto a los cuales rechaza expresamente la autoridad de los antiguos, porque “cuando la cosa se ve, no tenemos necesidad de autoridades ni de alegaciones”, a lo que añade que “el que hubiere de saber cualquier cosa, más cierta y verdadera la hallará en la naturaleza, y por menos rodeos, que no en las autoridades y pareceres”. Lorenzo Cózar (ca. 1540-1592), que ocupó una cátedra de corta vida sobre medicina química en la Universidad de Valencia (1591-1592), fue también explícito en su rechazo de Platón y Aristóteles.

Molinería y otra tecnología hidráulica

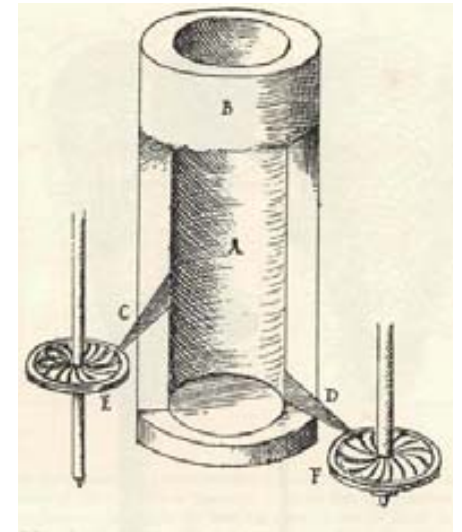
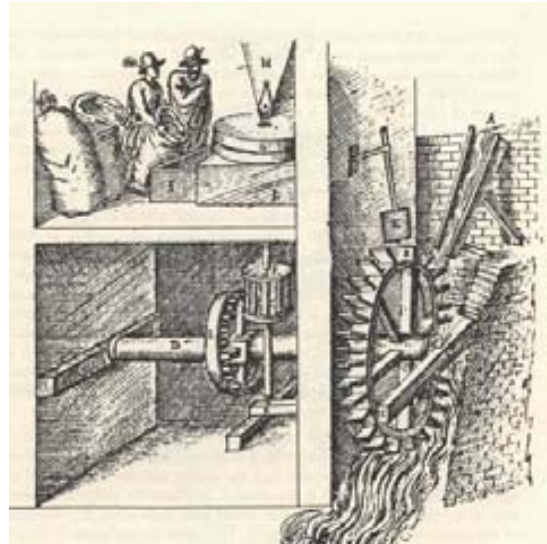
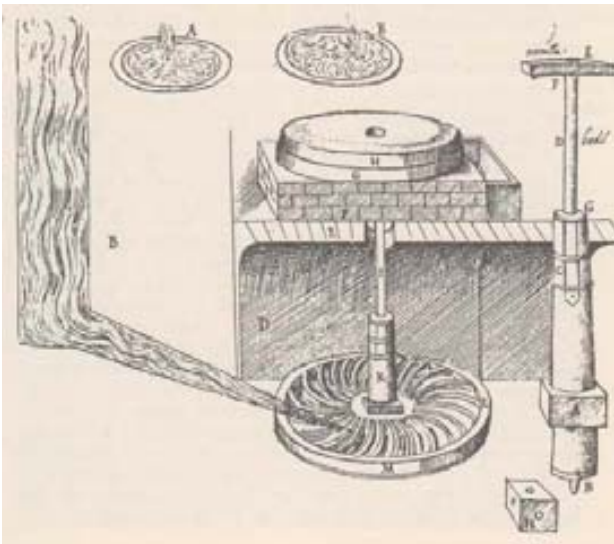
Los ingenieros del siglo XVI prestaron gran atención a los molinos hidráulicos y de viento a causa de la importancia que el trigo, y otros cereales, tenían en la economía agrícola y en la alimentación. Había tres tipos de molinos hidráulicos medievales: de rueda horizontal (donde la rueda motriz o rodezno se conectaba directamente a la rueda corredera sin engranajes intermedios), el de rueda vertical o vitruviana (en el que el agua acometía a través de un saetín a una rueda vertical, lo que requería engranajes para transmitir el movimiento a las ruedas molineras) y el molino de cubo, adaptado del árabe arubah, en el que el cubo era una torre vertical donde se almacenaba agua que podía enviarse a discreción hacia el rodezno. Este último tipo era muy adecuado para lugares donde el suministro de agua era escaso o irregular.



Arte Separatoria, y Modo de Apartar todos los Licores que se sacan por vía de Destilación para que las Medicinas obren con mayor virtud y presteza. Compuesto por Diego de San Tiago... Real Academia Nacional de Medicina.

Los molinos verticales se usaban para batir paños y estos batanes fueron el motor de lo que algunos han llamado una revolución industrial (o preindustrial) medieval. Los ingenieros renacentistas contemplaron estos ingenios desde dos puntos de vista: primero, para cuantificar el rendimiento y así comparar unos con otros e introducir las mejoras oportunas y, en segundo lugar, experimentaron con nuevos tipos de molinos con el propósito de maximizar la potencia, teniendo en cuenta la previsible escasez de agua. Dos ejemplos fueron el molino de regolfo y el de sifón.

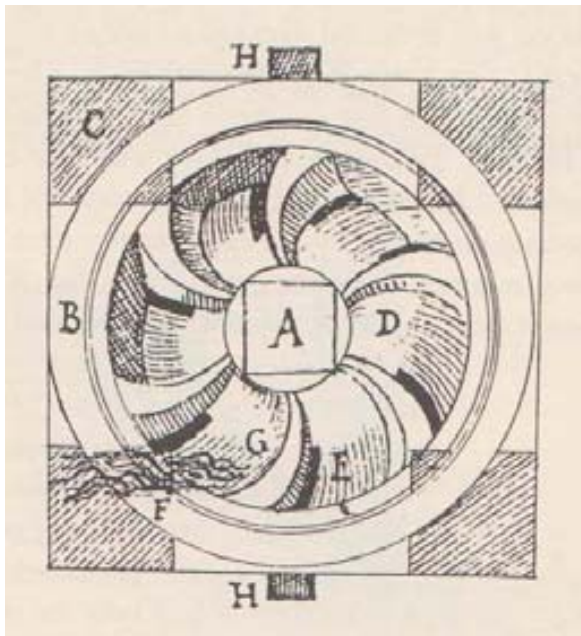
El molino de regolfo, en el que un rodezno se alojaba en una cámara, creando una turbina razonablemente eficiente, fue la más importante innovación de esta época. Francisco Lobato del Canto (fl. 1547-1585), ingeniero autodidacta, diseñó una “turbina de reacción”, fabricada totalmente en metal, cuyos álabes eran hidrodinámicos, anticipando la ley de acción y reacción de Newton. Gómez Pereira (1500 - ca. 1558), famoso médico y fisiólogo, también se ocupó de molinos, obteniendo una patente en 1563 para un molino que podía moverse sin un azud de derivación, con uno o dos cubos de agua. García Tapia señala que este molino podría estar



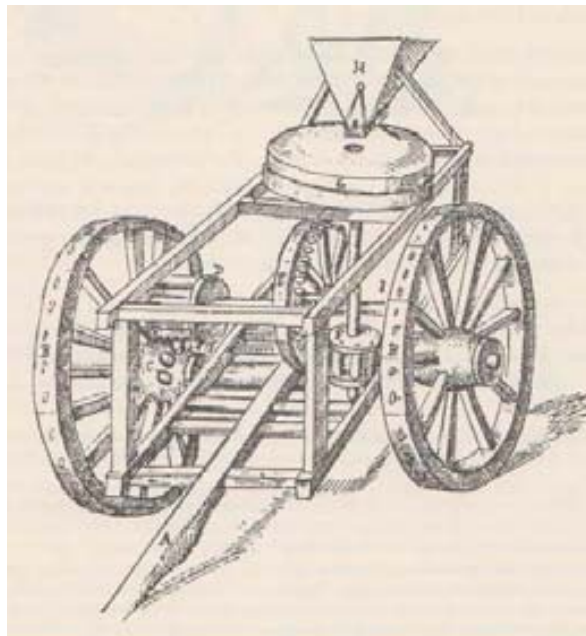
relacionado con el molino de sifón de Francisco Lobato, que podía funcionar con muy poca agua. En todo caso el molino resultó un fracaso.

Los ingenieros militares estaban interesados en los molinos por la necesidad de aprovisionar de pan a las tropas, y un requisito para ello era disponer de molinos que pudieran ser transportados en un carro. Un ingenio de este tipo fue ideado por Blasco de Garay (fl. 1549-1553), un hidalgo toledano que construyó un molino con el que un solo hombre podía moler cuatro fanegas de trigo al día y era de tan reducidas dimensiones que un carro podía transportar dos de ellos. El propio Herrera estuvo ocupado en instalar molinos de cubo en El Escorial y también construyó una máquina hidráulica para cortar chapa de hierro. Un discípulo suyo, Cristóbal de Rojas (1555-1614), profesor en la Academia de Matemáticas, redactó un tratado sobre

Molinos de rueda horizontal, de rueda vertical y de cubo en *Los Veintinueve Libros de los Ingenios y de las Máquinas*.

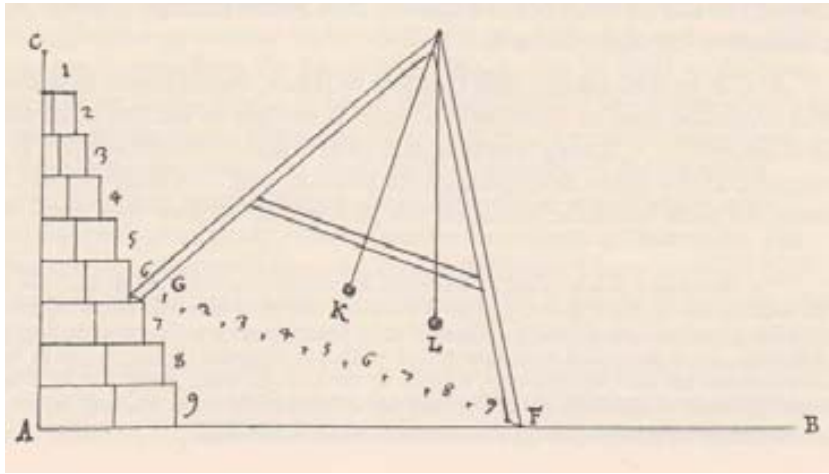


Molinos de regolfo y de carro en *Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas*.



fortificación que incluía un capítulo dedicado a los molinos y donde analizaba los problemas específicos de la construcción de molinos en terrenos arenosos. Los molinos hidráulicos no sólo producían harina sino que también suministraban buena parte de la energía necesaria para la industria medieval y renacentista, especialmente en batanes, molinos papeleros y herrerías. Por ello no es sorprendente que autores de muy diversa formación técnica estuvieran interesados en ellos. Es de destacar que entre los ingenieros y artistas de la Corte circulaban todo tipo de ideas para nuevos molinos, si bien el diseño básico de éstos había permanecido constante durante siglos.

Se sabe que *Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas*, que tratan principalmente de cuestiones hidráulicas, habían circulado en forma manuscrita entre los ingenieros hidráulicos (o fontaneros mayores, como entonces se les llamaba). Es una obra típica de la tecnología y ciencia aplicada de finales del XV y principios del XVI. En este sentido, es comparable a la *Obra de agricultura* de Gabriel Alonso de Herrera, que antes que un libro destinado a transformar la agricultura española era más bien un manual o vademécum de las mejores prácticas de la agricultura tradicional. Al comienzo de mi carrera académica –en los años 60–, me interesó conocer cómo se nivelaban los canales de riego. Alguien me recomendó el manuscrito de *Los Veintiún Libros*, donde encontré una lúcida descripción del método usado por los niveladores de los siglos XIV y XV en Valencia. Utilizaban el nivel de tranco, instrumento de madera en forma de A que era tan grande que debía ser transportado a lomos de un asno. La razón de su tamaño era que cuanto mayor la escala más precisa era la medida –una anticipación del método de observación astronómica de Tycho Brahe de un siglo después. Así, *Los Veintiún Libros* combinaban las prácticas tradicionales con nuevos diseños mecánicos.

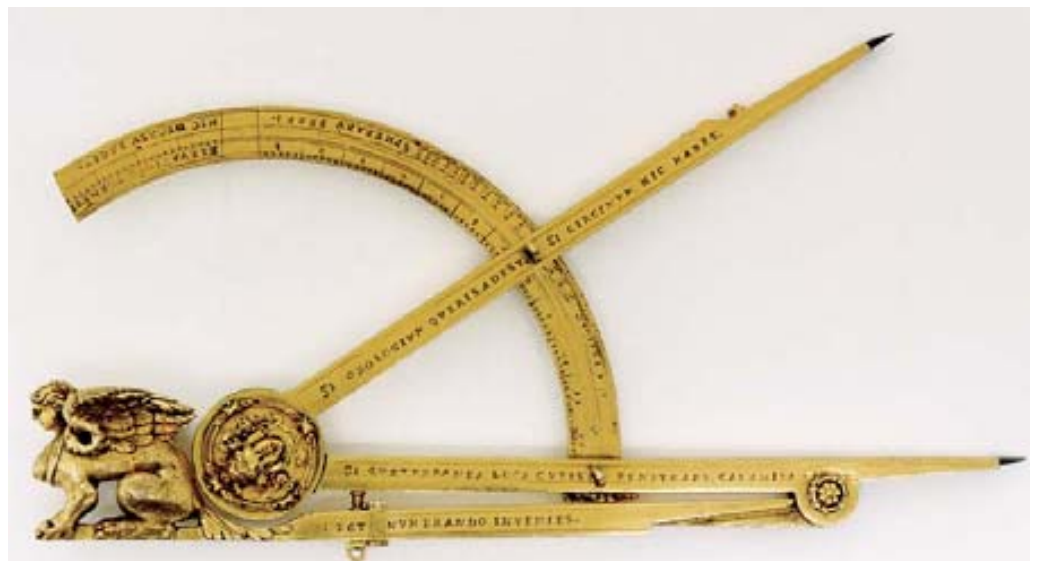


Una relación simbiótica con Italia

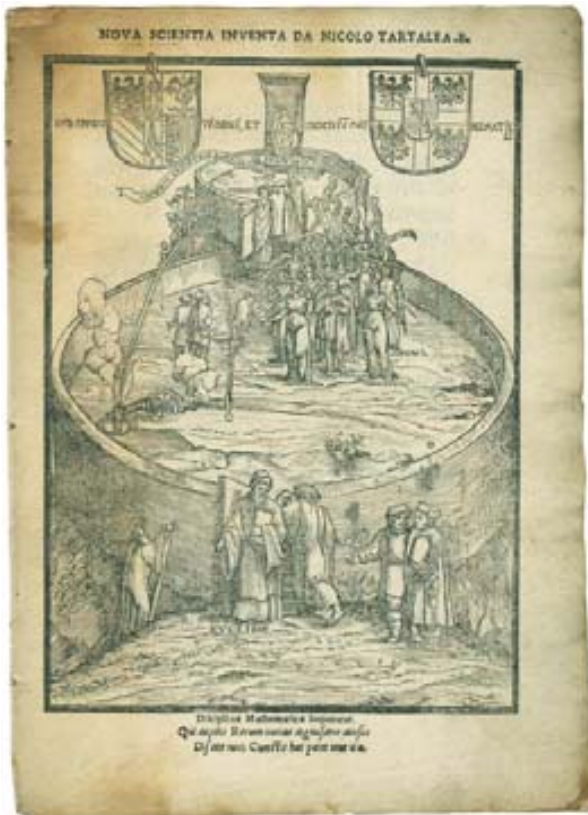
En El Escorial, Felipe II creó un ambiente proclive a la invención centrado en los ingenieros y arquitectos reunidos allí en torno a Juan Bautista de Toledo (1515-1567) (que había estudiado arquitectura en Roma bajo la tutela de Miguel Ángel) y de su discípulo Juan de Herrera (1530-1597) (que había servido en Italia como ingeniero militar). En Madrid, los miembros del grupo de El Escorial participaron en la fundación de la Academia de Matemáticas. Muchos de ellos eran o bien italianos o españoles formados en la península itálica, así como españoles que sin tener relaciones personales con Italia seguían y debatían sobre la ciencia y tecnología italianas. Un ejemplo de los primeros fue Juanelo Turriano (Giovanni della Torre, 1500-1585), maestro relojero que construyó la famosa maquinaria que permitía elevar agua hasta una altura de 100 metros, desde el Tajo al Alcázar, en Toledo. Juanelo diseñó un ingenio que funcionaba como un gran reloj de agua, en el que una noria con una cadena sin fin de cubos, o canjilones, elevaba el agua a lo alto de una torre, de donde pasaba a un ingenioso sistema de cazos montados en armaduras pareadas que iban subiendo el agua a los aljibes del Alcázar. La energía para mover el sistema de cazos provenía de una rueda motriz pareja de la noria elevadora. Este ingenio se convirtió en el símbolo de determinado tipo de tecnología mecánica inspirada en los instrumentos de relojería.

Un ejemplo de ello lo encontramos en Jerónimo Girava (fl. 1550's), más conocido como cosmógrafo, pero que fue asimismo autor de un tratado no publicado sobre molinos y otros ingenios hidráulicos, una copia del cual figuraba en la biblioteca de Juan de Herrera. Pedro Juan de Lastanosa (comiezos del siglo XVI - 1576), discípulo de Girava, también había vivido en Italia, donde estudió problemas hidráulicos en el río Serino de Nápoles.

Entre las máquinas patentadas por Girava se hallaba un molino que funcionaba mediante contrapesos. Aunque Lastanosa, al que García Tapia atribuye la autoría de *Los Veintiún Libros*, era considerado "ingeniero en máquinas", fue también sorprendentemente diestro tanto en



Compás de artillería de Luis Collado, 1584. Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, Madrid.



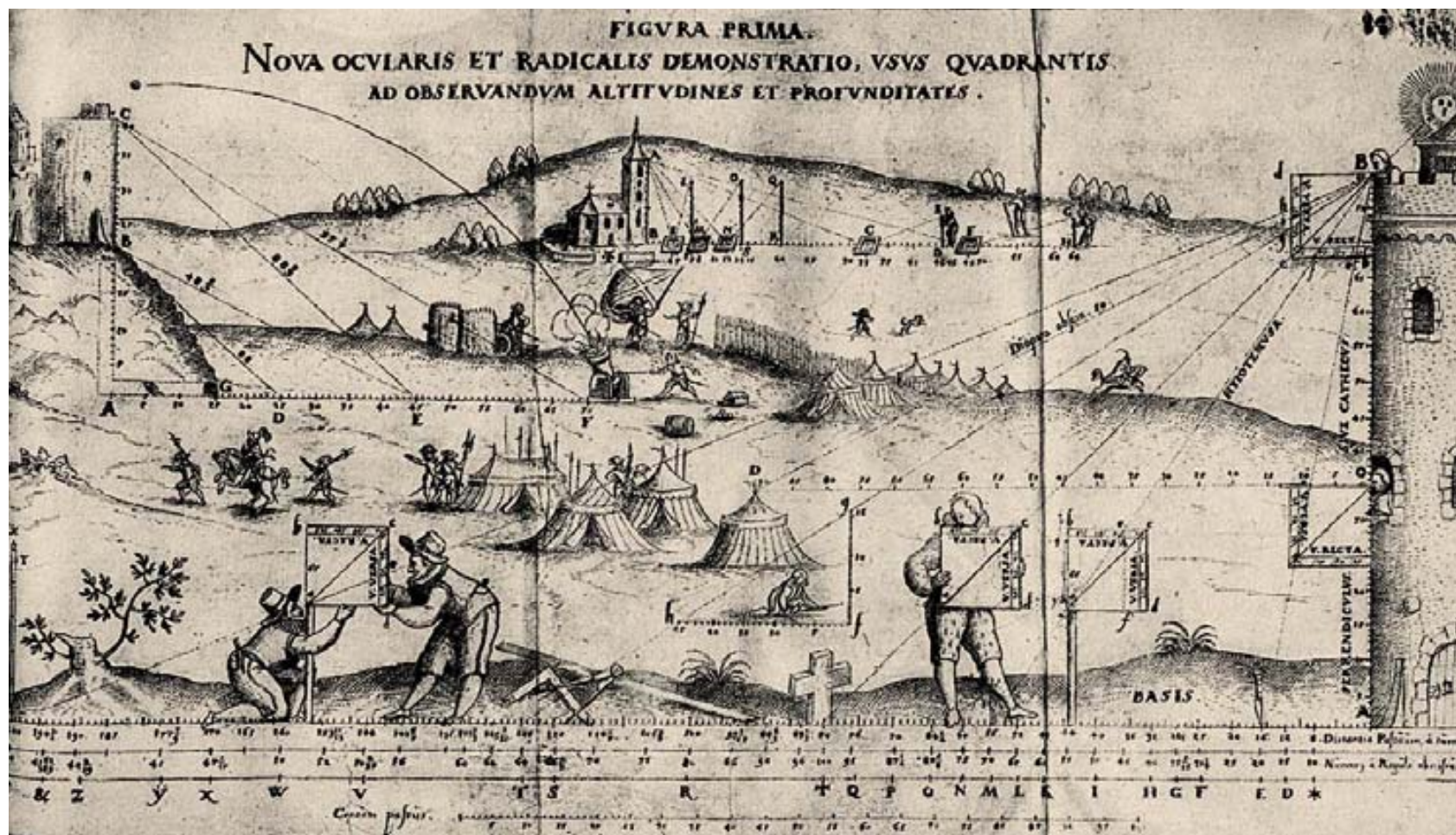
matemáticas como en física, y mucho antes de que Galileo hubiese definido una teoría moderna de mecánica, había determinado experimentalmente el rendimiento de las máquinas mediante la medida de variables tales como la velocidad, el caudal y la pérdida de carga.

El jesuita Juan Bautista Villalpando (1522-1608) estudió matemáticas y arquitectura con Juan de Herrera, viajando a Roma con su colaborador Jerónimo Prado para estudiar las características arquitectónicas del Templo de Salomón, tal como se describen en el *Libro de Ezequiel*. Intentando definir las condiciones de equilibrio, escribió el primer ensayo moderno sobre estática, basándose, según Pierre Duhem, en los teoremas y demostraciones de Leonardo —una afirmación imposible de probar pero coherente con el ambiente italianizado de la matemática española. Sabemos también que Villalpando conocía a Clavius y otros matemáticos del Colegio Romano.

Dado este entorno, no es sorprendente que varios manuscritos de Leonardo da Vinci llegaran a España y fueran estudiados por ingenieros y artistas (uno de los cuales dejó anotaciones al margen).

En Europa, la aparición de nuevas tecnologías provocaba, en sus fases iniciales, un trasiego de técnicos, también de libros y manuscritos, que iban y venían de uno a otro país. La relación de España con Italia es un ejemplo de ello. Esta densidad de comunicación permitía refinar y difundir las innovaciones, a lo que se añade, desde el siglo XVI, el efecto multiplicador de la imprenta. Este fenómeno se observa claramente en tiempos modernos, con la máquina de vapor, el aeroplano o la radio, pero también puede detectarse más tempranamente, como por ejemplo en el binomio balística-armas de fuego.

La balística como ciencia aplicada aparece con dos libros del matemático italiano Niccolò Tartaglia (1500-1557), la *Nova Scientia* (1537) y las *Quesiti et invenzioni diverse* (1546). Estos libros, y en especial el segundo, tuvieron una notable influencia, porque establecieron, según señala Esteban Piñeiro, una “conexión eficaz” entre física, geometría y la práctica de la guerra. Crearon el modelo para futuras obras sobre el tema, sentando sobre la geometría la base de la nueva ciencia. Siguieron una serie de tratados prácticos en latín, italiano y español que culminaron con la *Pratica Manuale dell'artiglieria*, de Luis Collado de Lebríja (fl. 1586-1592), ingeniero militar español destinado en Lombardía (publicado en italiano en 1586, con una traducción española de 1592), y que es la más completa disertación sobre esta materia en el siglo XVI. La teoría balística de Collado es la de Tartaglia modificada con aportaciones basadas en su propia experiencia.



Cuadrante geométrico, en Levinus Hulsius, *Diccionario Teutsch-Italiänisch, und Italiänisch-Teutsch*, Frankfurt, 1605.

Instituciones

La Casa de Contratación de Sevilla, creada en 1503, fue un centro de formación práctica en cuestiones de matemática y navegación. Veinte años después de su creación se introdujo un nuevo cargo, cuyo título, "Cosmógrafo y maestro de hazer cartas e astrolavios e otros ingenios para la navegación", era indicativo de la cada vez mayor profesionalización y especialización de los practicantes de la geometría.

Juan de Herrera convenció al rey de la necesidad de procurar a los técnicos una formación de más alto nivel. Así, Felipe II creó en 1582 la Academia de Matemáticas, bajo la dirección del cosmógrafo portugués Juan Bautista Lavanha (1555-1624), que había estudiado matemáticas en Italia. El rey nombró como ayudante a Pedro Ambrosio Ondériz (? - ca. 1596), un humanista al que se le encargó traducir al castellano libros de texto latinos y en otros idiomas. Las clases, que eran gratuitas, se impartían en la sede de la Academia frente al Alcázar Real de Madrid. Herrera creía que estas lecciones serían útiles para los geómetras encargados de las nivelaciones (diestros en mediciones), cosmógrafos, pilotos, arquitectos, artilleros, relojeros y otros, es decir para la práctica totalidad de las actividades tecnológicas.

El humanista Pedro Simón Abril (1530-1595), maestro de Ondériz, era un reformista de la enseñanza, preocupado por las carencias de la formación técnica: "Es cosa realmente digna de dolor que, en tanta hacienda como se gasta en las públicas escuelas, no haya doctrina ninguna de tres cosas que tan necesarias son para la vida, que son el (sic) agricultura, el (sic) arquitectura y el arte militar, habiendo tantas liciones de vanas sofisterías" (*Apuntamiento de cómo se deben reformar las doctrinas*, 1589).

La Academia de Matemáticas, por tanto, bajo la influencia de Herrera y su círculo, fue pensada para reforzar las bases matemáticas de las diversas disciplinas practicadas por los ingenieros de la Corte: arquitectura, ingeniería civil y militar, geografía, cartografía y navegación. Además de su programa educativo, la Academia fomentó la traducción al español de textos científicos y técnicos, tanto latinos y griegos como en otros idiomas modernos europeos.

El Real Ingenio de la Moneda de Segovia fue otra empresa basada en la tecnología del molino hidráulico. En 1585 Herrera instaló la maquinaria, procedente de Austria, en unos edificios que previamente habían alojado molinos de harina y papeleros. La maquinaria disponía de rodillos para imprimir los relieves de las monedas en chapas de plata y cobre, troquelándose después, en lo que era una especie de cadena de montaje.



Vista de Madrid según Anton Van den Wyngaerde, hacia 1562. Österreichische Nationalbibliothek, Ms. Min. 41, f. 35

Tecnología y empirismo

Suele decirse que la magnitud de nuevos datos provenientes del Nuevo Mundo creó un estímulo para el enfoque empírico de la ciencia, sentando las bases de la revolución científica, en parte porque destruyó los fundamentos del universo estático de Aristóteles. Esto es hasta cierto punto verdad, pero debe también tenerse en cuenta que los ingenieros-artistas de la segunda mitad del siglo XVI se movían, trabajaban y pensaban inmersos en un contexto o episteme italiano, cuyo campo técnico primordial era la ingeniería hidráulica, para la cual los italianos del siglo siguiente desarrollaron las modernas disciplinas de la hidrostática e hidrodinámica.

Las invenciones contribuyeron a sellar el destino tanto del conocimiento clásico como del escolástico. La introducción de las armas de fuego fue testimonio de la superioridad de la tecnología moderna sobre la clásica. No se descartó a todos los clásicos. En el ámbito de la ingeniería mecánica, tanto Vitruvio como Arquímedes eran ampliamente citados como ejemplos de figuras clásicas que comprendían la relación entre geometría e ingeniería.

Juan Luis Vives (1493-1540) atacó a la escolástica, señalando su falta de interés por la tecnología. Los ingenieros-artistas italianos adquirieron un considerable prestigio social, en parte porque sus obras eran, a la vez, agradables estéticamente y prácticas.

Los ingenieros militares estaban en la cúspide, siendo muchos de ellos italianos o españoles relacionados con Italia. De hecho Lastanosa encontraba molesto que los ingenieros militares se considerasen capacitados para opinar sobre cualquier materia, tanto si tenía que ver con la guerra como si no: "hoy en día de los que el vulgo llama yngenieros y por mayor dezir de los que se hacen llamar ingenieros, y estos han tomado este ejercicio pretendiendo que las cosas de la Guerra y las fábricas de agua son una misma cosa..." (II, 558). Y sin embargo, aquellos a los que criticaba probablemente se habían ganado el derecho a presentarse como profesionales con amplias competencias.

Es indudable que en el siglo XVI la ingeniería militar era la disciplina técnica de mayor prestigio y que los escritos de los ingenieros militares representaban, de alguna manera, el más alto nivel cultural de la ingeniería de la época.

No obstante, Arquímedes, que había sido célebre como ingeniero militar, y que era considerado un modelo a seguir por estos ingenieros, había expresado sus dudas sobre la calidad intelectual de estas actividades. En su *Vida de Marcelo*, Plutarco señala que Arquímedes, si bien famoso por sus inventos para la guerra, "nunca quiso dejar un libro sobre la materia, antes bien



Retrato de Cristóbal de Rojas por Pedro Román, en Cristóbal de Rojas: *Teórica y practica de fortificacion, conforme a las medidas y defensas destos tiempos*, Madrid, imprenta de Luis Sánchez, 1598.

Abajo, Bernardo de Vargas Machuca, en su *Milicia y descripción de las Indias*, Madrid, 1599.

consideraba la labor del ingeniero y cualquier otra actividad relacionada con las necesidades cotidianas como innobles y aptas tan sólo para artesanos”. Pero los sucesores de Arquímedes se fijaron en sus realizaciones prácticas y no en sus puntos de vista sobre la ciencia. Leonardo es un buen ejemplo de un genio al que se valoraba como ingeniero militar, con independencia de sus otros logros.

Hacia mediados de siglo, sin embargo, aunque la ingeniería militar disfrutaba del mayor prestigio, otras ramas iban rápidamente adquiriendo importancia. Muchos, por no decir casi todos los ingenieros militares que hemos mencionado fueron también ingenieros hidráulicos, y el propio Leonardo había considerado sus inventos hidráulicos como iguales a los militares. De hecho, los años centrales del siglo pueden considerarse un punto de inflexión cuando, a pesar de las ideas en contra de Arquímedes, las potencias imperiales se dieron cuenta de que todas las ramas de la ingeniería tenían valor en la lucha por la hegemonía.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Para la confección de este artículo me han sido fundamentales las obras colectivas, *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla, III. Siglos XVI y XVII*, ed. dirigida por JOSÉ MARÍA LÓPEZ PIÑEIRO (Salamanca: Junta de Castilla y León, 2002) y *Técnica e ingeniería en España, I. El Renacimiento*, ed. dirigida por MANUEL SILVA SUÁREZ, 2ª ed. (Zaragoza: Real Academia de Ingeniería, 2008), sobre todo sendos capítulos (en ambos libros) de MARIANO ESTEBAN PIÑEIRO y NICOLÁS GARCÍA TAPIA, y de VÍCTOR NAVARRO BROTONS, en el segundo. También citar el artículo de GARCÍA TAPIA, “Los molinos y los científicos españoles del Renacimiento”, en la *Revista de Folklore*, 9 (1989), 111-21.

CIENCIA, TÉCNICA Y SOCIEDAD EN ESPAÑA (SIGLO XIX)

JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON
Real Academia Española
Universidad Autónoma de Madrid

La Fundación Juanelo Turriano, creada por José Antonio García-Diego hace ahora veinticinco años, tiene por fin primordial, como rezan sus Estatutos, el de promover “el estudio de la historia de las técnicas y a continuación el de las ciencias así como de las materias que con ellas pudieran estar en alguna forma conectadas”. Visto retrospectivamente, la de nuestro fundador fue no sólo una generosa iniciativa –en un país en el que la promoción y apoyo al conocimiento histórico de la ciencia y de la técnica apenas ha figurado entre los objetivos de los, por otra parte tampoco muy numerosos, mecenas– sino también una muy sabia, porque, como bien sabemos, la tecnología y la ciencia figuran entre los elementos que más contribuyen a determinar el presente y el futuro de una sociedad. Que la historia de la técnica, de la tecnología, ocupe un lugar preeminente entre los fines de la Fundación es también digno de encomio –y escribe esto un historiador *de la ciencia*–, puesto que con más frecuencia de la conveniente es la ciencia la que atrae más el interés y la admiración general, argumentando que la tecnología es, al fin y al cabo, hija de la ciencia, algo que no siempre es cierto, como demuestra, por ejemplo, la Revolución Industrial, que fue anterior a la ciencia, la termodinámica, que se ocupa de los intercambios energéticos, la base de aquella revolución. Basta considerar el caso del pionero de los estudios termodinámicos, Sadi Carnot (1796-1832), y de su memoria de 1824 *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, para comprobar la deuda que la termodinámica, esto es, la ciencia, tiene con la técnica.

Ciencia y técnica, técnica y ciencia, están íntimamente relacionadas entre sí, y ambas con todo aquello que configura la sociedad. Y para contribuir en esta publicación conmemorativa a poner de manifestó tales relaciones, y al mismo tiempo hacer honor al objetivo de la Fundación Juanelo Turriano de contribuir a la historia de las técnicas y de las ciencias, “así como de las materias que con ellas pudieran estar en alguna forma conectadas”, he pensado que no estaría de más echar un vistazo a un siglo, el XIX, en el que las relaciones entre ciencia, técnica y sociedad fueron particularmente intensas. Estudios de este tipo han sido y son frecuentes en los casos de Alemania, Estados Unidos, Francia y Gran Bretaña, pero mucho menos en el de España, al que están dedicadas las páginas que siguen.

Ciencia, técnica y política en la España el primer tercio del siglo XIX

Una razón muy importante detrás del retraso –que existió– científico y tecnológico español durante una buena parte del siglo XIX, se halla en la política. La inestabilidad política del siglo

XIX hispano, en el que no faltaron ni guerras ni revoluciones, al igual que diferentes regímenes políticos (monarquía, república) fue colosal, y la investigación científica y la innovación y desarrollo tecnológicos necesitan de una situación política estable. Así, la Guerra de la Independencia, con la que prácticamente comenzó el siglo, significó un abrupto final para los esfuerzos de innovación tecnológica y de recuperación científica llevados a cabo durante el siglo XVIII, el Siglo de la Ilustración.

Significativo en este sentido es lo que sucedió en Madrid a la Escuela de Caminos y Canales y al Real Observatorio Astronómico. La primera, establecida cuando despuntaba el nuevo siglo, en 1802, fue cerrada en 1808 como consecuencia de la insurrección de los madrileños ante las tropas napoleónicas, y no volvió a abrir sus puertas hasta 1821. Las colecciones del Real Gabinete de Máquinas (absorbido por la Escuela), que eran utilizadas para las clases prácticas, fueron trasladadas desde el palacio del Buen Retiro (convertido en cuartel donde se alojaban tropas francesas) a las salas de dibujo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, donde permanecieron hasta la liberación de Madrid por el ejército español tras la victoria de Bailén en julio de 1808. Devueltas al Buen Retiro, durante el asedio del ejército de Napoleón en diciembre (1808) el palacio fue asaltado sufriendo la colección pérdidas, lo que obligó a trasladarlas nuevamente, esta vez al palacio de Buenavista, en cuyos sótanos permanecieron hasta la liberación definitiva de la capital el 28 de mayo de 1813. Sin embargo, no volvieron entonces a la Escuela de Caminos, sino a los locales que la Real Sociedad Económica Matritense de Amigos del País tenía en la calle del Turco (hoy marqués de Cubas), donde en 1816 se realizó un inventario que mostró las graves pérdidas que se habían producido durante los años de guerra. En 1824, las colecciones pasaron al Real Conservatorio de Artes, a un edificio también en la calle del Turco que albergaba el Real Almacén de Cristales, donde la colección terminó por desaparecer. Si a todo esto le unimos que una vez abiertas de nuevo las puertas de la Escuela de Caminos en 1821, tampoco se mantuvieron mucho tiempo en tal estado, ya que en 1823 fue clausurada, esta vez debido a la reacción absolutista, situación en la que permaneció hasta 1843, cuando comenzó su nueva y definitiva andadura, tenemos que aquella magnífica herencia ilustrada tardó en incorporarse y contribuir al desarrollo tecnológico y científico español. (Un dato no superfluo en la presente ocasión es lo que sucedió con el fundador y primer director de la Escuela, Agustín de Betancourt [1758-1824], a cuya biografía y obra José Antonio García-Diego tantos esfuerzos dedicó, como prueba su magnífico libro, *En busca de Betancourt y Lanz* [1985]. En 1808 se exilió a Rusia, en cuyo ejército alcanzó el grado de teniente general. Entre sus logros allí se encuentran la organización del Instituto del Cuerpo de Ingenieros de Vías de Comunicación –establecimiento análogo a la Escuela de Caminos madrileña– y el diseño de un vasto plan de obras públicas. Mientras Betancourt urbanizaba San Petersburgo, en Madrid ni siquiera había dinero para contratar, en 1816, los servicios de uno de sus más estrechos colaboradores, el maquinista y artista Bartolomé Sureda, que vivía cesante en Palma de Mallorca.)

En cuanto al Observatorio Astronómico, tenemos que, transformado en cuartel por los franceses, su excelente telescopio Herschel fue desmontado para aprovechar su madera, y su archivo saqueado con el fin de encender fuego en torno al cual las tropas francesas pudieran calentarse durante el invierno.



El final de la guerra no significó, sin embargo, un retorno a la situación de estabilidad política que caracterizó en general el siglo XVIII español. Aunque en el primer periodo absolutista de Fernando VII se pensase restaurar algunas de las instituciones de la época de Carlos IV, no se hizo esto y así vinieron sucesos como la sublevación de Riego, el trienio liberal, el regreso al poder de Fernando VII, las guerras carlistas y las continuas crisis de gobierno. Hasta pasada la mitad del siglo, ya en el reinado (1833-1868) de Isabel II no comenzó a mejorar la situación política, aunque enseguida llegó la revolución de 1868 y el Sexenio Revolucionario, cerrado por la vuelta de la monarquía en 1874 con Alfonso XII.

Ciencia, técnica e industria

Junto a la inestabilidad política, otro de los motivos del retraso científico y tecnológico español se encuentra en la situación industrial. En el siglo XIX, España fue un país centrado en la agricultura, con una industria muy poco desarrollada. En la balanza comercial hispana primaban, a gran distancia, las exportaciones de productos agrícolas o minerales, mientras que tenía que importar la mayor parte de los productos que implicasen algún refinamiento técnico. Y todo parece indicar que sin una industria poderosa y creativa existen graves problemas para desarrollar una ciencia que también sea poderosa y creativa, y por consiguiente, a su vez, como pescadilla que se muerde la cola, generadora –o, simplemente, ayuda destacada– de una industria activa. Y si hablamos de industria, hay que hablar de economía.

A pesar de que la economía liberal se consolidase en la España del período que va de 1808 a 1874, formándose una cierta base industrial a continuación, a efectos de la economía y la técnica avanzada, con posibilidades de competir en los mercados internacionales, una tecnología que necesitase de la ciencia, y salvo unas pocas excepciones, España fracasó en sus intentos de tomar parte en la Revolución Industrial que de manera tan, en muchos aspectos, radical modificó la situación socioeconómica europea; en este sentido, un dato importante es que la balanza comercial española muestra que en el dominio tecnológico predominaban con mucho las importaciones; las exportaciones eran fundamentalmente de productos agrícolas y, sobre todo, de minerales. En la medida en que capitalismo e industrialización recorren caminos parecidos, la situación de la España del Ochocientos ha sido razonablemente bien resumida por Miguel Artola (*La burguesía revolucionaria (1808-1874)*; 1990, p. 291): “La economía de base agraria que los liberales reorganizaron dio paso con gran rapidez a las manifestaciones de un capitalismo incipiente, que se desarrollará con gran lentitud en todos los sectores, a excepción del ferrocarril, de forma que se ha podido decir con justicia, si se toma en cuenta la importancia del sector capitalista de la economía en la formación de la renta nacional, que la formación del capitalismo es en España un fenómeno del siglo XX”.

Y si es cierto que capitalismo e industrialización son elementos particularmente importantes en la institucionalización y desarrollo de la ciencia, de, en particular, las ciencias físico-químicas durante el siglo XIX, se podría parafrasear a Artola diciendo que “las condiciones necesarias para que se pudiese aspirar a una implantación medianamente satisfactoria de las ciencias físico-químicas, tal y como se fueron configurando a lo largo del siglo XIX, no se dieron en España hasta el siglo XX”. Y sin la implantación de esas ciencias el desarrollo industrial se ve seriamente dificultado.

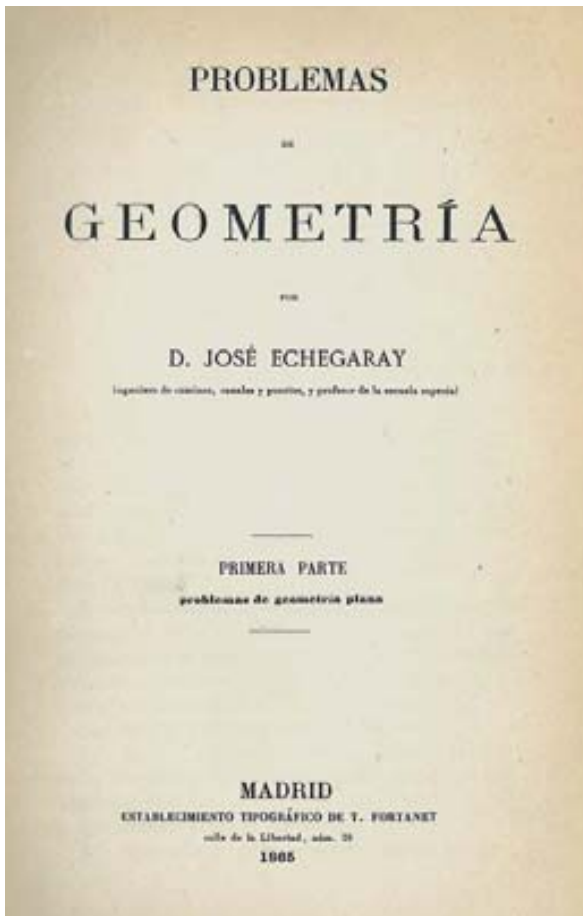
El mercado laboral para ingenieros y científicos

En una nación abrumadoramente agrícola, que dependía de importaciones del extranjero en lo que al mundo industrial y tecnológico se refiere, no es extraño que el mercado de trabajo para los científicos fuese muy reducido. De hecho, la escasez de puestos de trabajo afectó incluso a los ingenieros, más prestigiosos y capaces tecnológicamente que los licenciados de las Facultades de Ciencias. El ingeniero industrial, catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, académico de Ciencias y durante algún tiempo director de la revista *La Semana Industrial*, Gumersindo Vicuña (1840-1890) señaló este punto en su discurso de apertura del curso 1875-76 de la Universidad Central (*Cultivo actual de las ciencias físico-matemáticas en España*; 1875, pp. 40-41): las Escuelas de Ingenieros, declaró entonces, “las más brillantes en un tiempo, aquellas a que concurría la flor de nuestra juventud, y cuyos rigurosos estudios produjeron ingenieros de tanto mérito, viven hoy lánguidamente, sin alumnos entre quienes escoger, sombra pálida y triste reflejo de su antiguo esplendor [...] Hoy, los alumnos que pasan al cuerpo, tropiezan con excedencias o falta de ocupación, y tienen que ejercitar su actividad individual luchando con los ingenieros antiguos en nuestra aniquilada producción. Falta el porvenir, languidece la escuela”.

Y si esto era así para los ingenieros, ¿qué no ocurriría con los científicos? Los “Licenciados y Doctores de las Facultades de Ciencias”, añadía Vicuña, “sólo pueden aspirar a cátedras de Instituto o Facultad, modestamente retribuidas, y después de obtenerlas por una oposición con sus compañeros o con los mismos ingenieros, mientras que estos reclutan su profesorado entre los que el Gobierno cree más aptos sin oposición ninguna. Si quieren entrar en la mayoría de las escuelas civiles de estos ingenieros, o en las militares, no se les abona una sola asignatura de las que han aprobado, y hasta recientemente se ha visto que la Escuela de ingenieros militares ha admitido las ganadas en ciertas Escuelas especiales y no las universitarias análogas, ni las de las Escuelas de Arquitectura e Ingenieros industriales en las que sirven las enseñanzas universitarias”.

El Instituto Geográfico constituye un buen ejemplo de la penuria laboral de los licenciados en Ciencias españoles. Reclutaba su personal superior entre los cuerpos facultativos, militares y civiles, preferentemente entre los primeros, sin conceder un solo puesto a los doctores en Ciencias, ni siquiera a los dedicados a la física o a la matemática, que habían cursado la Astronomía y Geodesia en que se supone se basaban los problemas centrales del Instituto, mientras que los facultativos citados no habían tenido que estudiar en sus Escuelas ambas asignaturas con la extensión que se hacía en la Universidad. Los doctores en Ciencias solamente tenían la posibilidad de intentar acceder a las plazas inferiores del Instituto mediante oposiciones.

Otro buen ejemplo, éste relativo a las matemáticas, lo proporciona José Echegaray (1832-1916), para muchos el mejor matemático español del siglo XIX. En la soledad de Almería, su primer destino profesional, lejos de su familia, de sus amigos y de la activa vida teatral madrileña que tanto le atraía, una de las pocas distracciones a las que tenía acceso era el estudio de las matemáticas. Ahora bien, ¿qué salidas tenía adoptar como profesión las matemáticas? Veamos lo que dijo sobre este particular en sus *Recuerdos* (tomo I; 1917, pp. 405-406):





Retrato de José Echegaray en la sala de juntas de la Fundación.

“Las matemáticas fueron, y son, una de las grandes preocupaciones de mi vida, y si yo hubiera sido rico o lo fuera hoy, si no tuviera que ganar el pan de cada día con el trabajo diario, probablemente me hubiera marchado a una casa de campo muy alegre y muy confortable, y me hubiera dedicado exclusivamente al cultivo de las Ciencias Matemáticas. Ni más dramas, ni más argumentos terribles, ni más adulterios, ni más suicidios, ni más duelos, ni más pasiones desencadenadas, ni, sobre todo, más críticos; otras incógnitas y otras ecuaciones me hubieran preocupado.

Pero el cultivo de las Altas Matemáticas no da lo bastante para vivir. El drama más desdichado, el crimen teatral más modesto, proporciona mucho más dinero que el más alto problema de cálculo integral; y la obligación es antes que la devoción, y la realidad se impone, y hay que dejar las Matemáticas para ir rellenando con ellas los huecos de descanso que el trabajo productivo deja de tiempo en tiempo.”

Las Escuelas de Caminos e Industriales

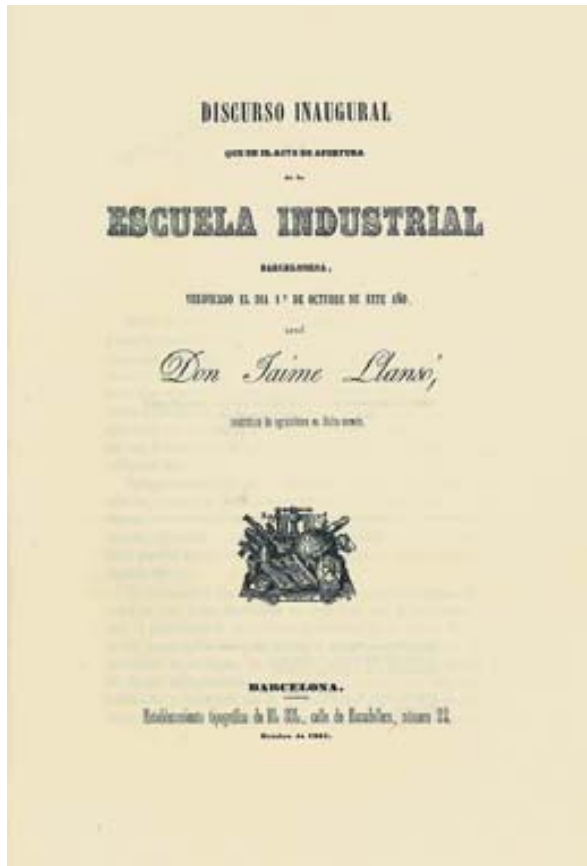
En la cita que he utilizado hace un momento, Gumersindo Vicuña señalaba, en 1875, que las Escuelas de Ingenieros “las más brillantes en un tiempo, aquellas a que concurría la flor de nuestra juventud, y cuyos rigurosos estudios produjeron ingenieros de tanto mérito, viven hoy lánguidamente, sin alumnos entre quienes escoger, sombra pálida y triste reflejo de su antiguo esplendor”. Éste es, naturalmente, un punto importante a la hora de estudiar la situación de la técnica en la España del siglo XIX, así que es preciso comprobar si la lúgubre visión de Vicuña se ajustaba a la realidad. Esto implica, por supuesto, ocuparse de las diferentes Escuelas de Ingeniería, algo que supera las posibilidades de estas páginas. Me limitaré, por tanto, a decir algo sobre las dos ingenierías más relevantes en un estudio que se ocupa de técnica y ciencia: las de Caminos e Industriales.

La ingeniería de Caminos era una profesión prestigiosa, pero ¿cuál era el destino de sus profesionales? De nuevo, el caso de José Echegaray es ilustrativo. En 1854, tras finalizar la carrera, el futuro premio Nobel de Literatura fue destinado al distrito de Granada. Llegó a esta ciudad en enero de 1854 y el Ingeniero Jefe del distrito le envió a Almería, trasladándose a esta ciudad a caballo, ya que no existía ninguna carretera. Allí su función consistía en conservar una carretera de cinco kilómetros y medio que había hasta Gador y vigilar la, ciertamente monótona, prolongación de un muelle de escollera. El destino no era, ciertamente, muy atractivo, más aún de un número 1 de su promoción. Cabría en este punto decir aquello de “Qué buen vasallo si hubiese buen señor”; esto es, no basta con poseer una gran capacidad, deben existir oportunidades para ponerla en práctica. Y en ingeniería, esto significa, obviamente, una buena, moderna y competitiva infraestructura industrial (cuál, depende de la especialidad de que se trate).

El empleo que Echegaray recibió en 1854, vigilando la conservación de una carretera de cinco kilómetros y el que desde Granada a Almería tardase tres días, puesto que no había ninguna carretera entre ambas ciudades, nos conduce directa e inevitablemente a, al menos, mencionar uno de los obstáculos que afectaron al desarrollo socioeconómico español, así como a las carreras profesionales no sólo de los ingenieros de Caminos sino también a los ingenieros Industriales.

“Aunque la construcción de carreteras se aceleró”, escribió Antonio Gómez Mendoza (*Ferrocarriles y cambio económico en España, 1855-1913*; 1982, p. 35), “la infraestructura viaria era insuficiente hacia 1850. Además, se carecía de la clase de transporte que requería una revolución industrial. Tanto la configuración del territorio como el relieve impedían la construcción de una red de canales como alternativa a los caminos. El transporte tradicional en carros o caballerías resultaba demasiado oneroso, era estacional y su oferta rígida. Puesto que la apertura de canales era imposible, la única alternativa resultaría el ferrocarril”.

La siguiente tabla muestra cómo fue creciendo la red de transportes en España en un periodo centrado en el siglo que nos interesa aquí, el XIX (James Simpson, *La agricultura española (1765-1965): la larga siesta*; 1997, p. 124):





Extensión de carreteras empedradas y ferrocarril, 1750-1908 (km)

	Carreteras	Ferrocarril
1749	0	0
1779	400	0
1800	2.000	0
1834	4.000	0
1855	10.323	440
1868	19.815	5.269
1884	23.368	8.165
1890	28.621	9.083
1908	41.466	11.362

Cronológicamente, España ocupó el noveno lugar en el mundo en la implantación del ferrocarril. La célebre línea Barcelona-Mataró fue la primera en entrar en funcionamiento, en 1848; la precedieron: Inglaterra (primera línea abierta el 27 de septiembre de 1825), Austria (30-IX-1828), Francia (10-X-1828), Estados Unidos (28-XII-1829), Bélgica (3-V-1835), Alemania (7-XII-1835) y Rusia (10-IX-1839). Con relación a la velocidad de construcción del ferrocarril, ésta fue reducida en España en comparación con la de otros países, con tan sólo 440 kilómetros terminados en 1855, comparado con los 1.207 de Italia, los 5.037 de Francia y los 11.744 del Reino Unido. En cuanto a posición, la de España no era una situación excesivamente retrasada, aunque si nos fijamos en los años que nos separaron de la primera línea establecida, en Inglaterra, tenemos que fueron 23 años, casi una generación. Y las ventajas del nuevo sistema de transportes eran grandes. “Se ha calculado que hacia 1878 el ferrocarril, que sustituyó una fuente de energética animal por otra mineral, ahorra el equivalente a medio millón de mulas y bueyes, y alrededor de 1,12 millones de hectáreas de cebada necesaria para alimentarlos [...] el transporte ferroviario permitía no sólo el traslado de cargas mucho más pesadas a una velocidad significativamente mayor, sino que además tenía la capacidad de aumentar el producto sin recurrir al sistema agrícola nacional. Los costes por unidad transportada se redujeron, propiciando la expansión del mercado, la intensificación de la urbanización y el aumento de la especialización agrícola” (Gómez Mendoza, *Ferrocarriles y cambio económico*, p. 126).

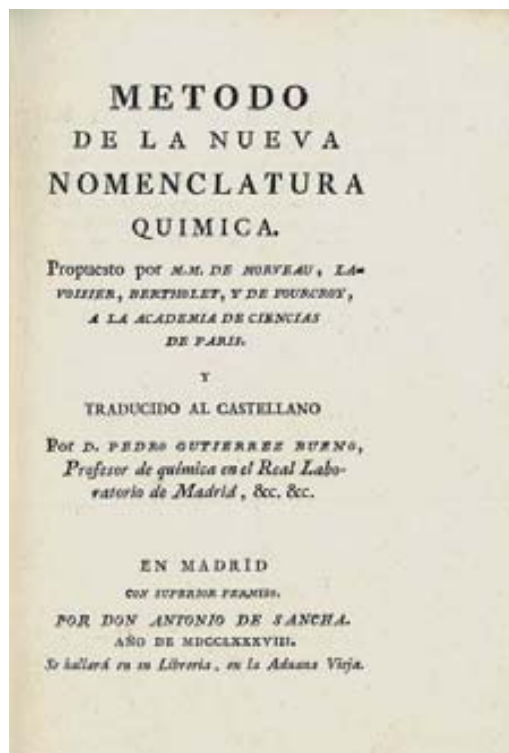
Otro dato importante que hay que tener en cuenta es que tampoco se beneficiaron de la implantación del ferrocarril todo lo que hubieran podido y acaso debido algunas industrias nacionales. Así, en 1884 y salvo una pequeña parte de la longitud de raíles, fabricados por Duro y Compañía, en Asturias, y Nuestra Señora del Remedio, de Pueblo Nuevo, todo el material fijo y móvil empleado en los ferrocarriles españoles fue importado de Inglaterra, Bélgica y Francia. En lo que se refiere a las locomotoras de vapor para ferrocarriles, la primera diseñada y construida por un ingeniero, mano de obra y material nacional, fue una que entró en servicio en 1884 entre Silla y Cullera (Valencia). Ciertamente, tampoco una fecha temprana para aquel mundo tecnológico hijo y padre al mismo tiempo de la Revolución Industrial.

La ingeniería de Caminos tenía prestigio, surgida al menos en parte de la herencia histórica a la que respondía, una herencia que hundía sus raíces en el siglo XVIII, pero desde el punto de vista del poder (económico, industrial y político) que se estaba instalando firmemente en las sociedades decimonónicas, se puede pensar que la ingeniería Industrial tenía una importancia acaso mayor. De hecho, con el tránsito del Antiguo Régimen al sistema liberal surgieron las modernas enseñanzas técnicas, y en particular las enseñanzas industriales, creadas por el Decreto de 4 de septiembre de 1850. Al año siguiente entran en funcionamiento el Real Instituto Industrial de Madrid y las Escuelas industriales de Barcelona, Sevilla y Vergara. No obstante, las dificultades de la industrialización y la primera gran crisis del capitalismo español, que comenzó en 1866, produjeron el cierre de casi todas estas escuelas. La Escuela Industrial Barcelonesa, declarada superior en 1857, fue la única en la que pudo cursarse la ingeniería Industrial hasta la creación de la Escuela de Bilbao en 1899 (la de Madrid tuvo que esperar hasta 1901). Sin embargo, fue poco para el esfuerzo empleado.

El caso de la química

El caso de la química constituye otra muestra de la insatisfactoria situación de la ciencia y la técnica hispanas. Recordemos que la química fue crucial en el proceso de institucionalización de la ciencia y del desarrollo industrial que se produjo durante el siglo XIX. Fue, en efecto, gracias a los trabajos de Justus Liebig en la Universidad de Giessen y a cómo enseñó a sus alumnos la práctica de la investigación como la química orgánica comenzó a mostrar su poder industrial y económico, y a atraer en consecuencia la atención de los gobiernos. El poder político que alcanzó Alemania tuvo de hecho mucho que ver con los logros de sus químicos. Y que era así se entendió también en España, como atestigua el discurso de apertura del curso 1888-1889 de la Universidad Literaria de Granada, pronunciado por el catedrático de la Facultad de Ciencias José Alonso y Fernández (*La Química y la Administración judicial y municipal*; 1888). “Sirve la Química”, manifestó entonces, “de poderoso auxilio a la gestión de los Gobiernos. Hoy día no se pueden concluir tratados de comercio sin consultar con la Química industrial y agrícola; para imponer y hacer efectivos los derechos de aduanas y de consumos es indispensable la Química, y de igual modo en las industrias sostenidas o intervenidas por el Gobierno, en las subastas y otra multitud de servicios de la Administración civil y militar, la Química tiene que prestar su valioso concurso”.

Pues bien, ¿qué pasó en la España decimonónica en lo que a la química se refiere? Son varias las formas de intentar hacerse una idea del estado de esta ciencia entonces. Una es considerando la situación en que se encontraban los laboratorios químicos universitarios, de los que en Alemania partió el movimiento que haría de la química un valor estatal. Un interesante dato en este sentido es lo que señalaba en 1855, en el epílogo que como traductor Magín Bonet (1818-1894), más tarde catedrático de Análisis Química de la Universidad de Madrid, añadió a la versión española de un libro debido al químico de la Universidad de Giessen Heinrich Will (1812-1890), titulado *Clave del análisis química, o sea cuadros para el estudio del análisis química cualitativa*:



“Doloroso es decirlo, pero es la pura verdad, y preciso es que se confiese para que se trate de ponerle el correctivo oportuno. El atraso en la Química, que tanto se hace notar entre nosotros, no depende de los alumnos, no de la falta de disposición no de aplicación de su parte, sino del mal sistema que hasta ahora se ha seguido en su enseñanza...”

¿Se pondrá el oportuno remedio a este mal en el nuevo plan de estudios que se está elaborando? ¿Tendremos al fin una escuela química española? ¿Suministrarán nuestras Universidades en lo sucesivo alumnos dignos de figurar al lado, no ya de los que arrojan las escuelas alemanas, sino las francesas o las italianas siquiera? Todo depende de que se adopten las disposiciones convenientes en el nuevo arreglo: basta que lo quieran los que en él intervienen, para que nuestros deseos se cumplan. El Gobierno actual, y las Cortes en su caso, estamos seguros de que por su parte no escasearán los recursos necesarios, cuando tan cuantiosas sumas se invierten en otros diversos ramos del servicio público. ¿Hay acaso alguno que sea más digno de llamar su atención que aquel sobre el cual se apoyan los indestructibles cimientos de las sociedades modernas, verdaderamente progresistas y civilizadoras?”

Clave de Will tuvo éxito, y tuvo una segunda edición en 1878, esto es, 23 años después de que apareciese la primera. En esta nueva edición, continuó apareciendo el epílogo de Bonet, pero ampliado. En efecto, después de las anteriores palabras se leía:

“*Esto decíamos el verano de 1855.* Han transcurrido *veintitrés años* y la enseñanza de la Química sigue absolutamente lo mismo. Todas las naciones, en este largo período, han hecho progresos manifiestos [...] De aquí el gran movimiento científico que se advierte en todas estas naciones [...] En España [...] no hay movimiento científico verdadero en este punto, por falta de laboratorios. Y no es que no se haya demostrado así a la Superioridad, pues se ha hecho presente siempre que hubo ocasión oportuna. En prueba de ello, la Facultad de Ciencias de la Central recibió, hace bastantes años, el encargo de estudiar un edificio en que estuvieran reunidas todas sus enseñanzas. Sus dignos profesores, animados del mejor celo, se pusieron a trabajar sin descanso hasta facilitar al Arquitecto los datos que debían concurrir para el trazado de los planos. Estos fueron concluidos [...] pero no ha dado ulterior resultado”.

Otra forma de hacerse una idea de la situación de la química decimonónica hispana es a través de los libros de química que se publicaron entonces. Aunque no es demasiada la información al respecto, disponemos de algún repertorio de textos publicados, y cuando se estudian se detecta inmediatamente la conexión con los intereses, de escaso refinamiento tecnológico, existentes en la España de aquella época. Así, tenemos que cuando se analizan los títulos de los libros y folletos de esa ciencia publicados entre 1801 y 1900, la abrumadora mayoría tienen que ver con cuestiones aplicadas del tipo de: *Tratado de química práctica y casera, o colección de recetas*: 1º, *para fabricar licores*; 2º, *para corregir el mal gusto de los vinos y hacer excelentes vinos extranjeros con vino del país*; 3º, *para componer varios barnices*; 4º, *para hacer diversos objetos de perfumería, etc.* (Valladolid, 1843), de Antonio Bellout; *El libro del viticultor. Breve resumen de las prácticas más útiles para cultivar las viñas y fabricar buenos vinos* (Madrid, 1855), de Eduardo Abela Sainz de Andino; o *Tratado práctico de análisis químico de las aguas minerales y potables; con indicación de las fuentes de aguas minerales de España, su composición, enfermedades a cuya curación se aplican, y número de enfermos que a ellas acuden anualmente* (Madrid, 1866),

de Antonio Casares Rodrigo. Si estos textos son representativos, habría que concluir que en España, una nación eminentemente agrícola, la química atraía atención sobre todo en tanto que “ciencia o técnica útil”. Otros hechos abundan en el mismo sentido. Como el perfil profesional de los 400 alumnos que entre 1805 (el año en que fue creada) y 1822 siguieron los cursos de la cátedra de Química de la Junta de Comercio de Barcelona, establecida en el siglo XVIII: cirujanos, 27 por 100; farmacéuticos, 20 por 100; artesanos, 18 por 100; comerciantes, 13 por 100; y médicos, 9 por 100, con un 13 por 100 procedentes de profesiones diversas.

Según el *Atlas de la industrialización de España*, dirigido por Jordi Nadal, la industria química española tuvo en el siglo XIX “un arranque tan precoz como dificultoso. La producción de ácido sulfúrico, el reactivo omnipresente, que iniciara el francés François Cros, en los alrededores de Barcelona, en una fecha tan temprana como la de 1820, sólo [dejó] de ser despreciable a partir de 1872, cuando la Sociedad Española de la Dinamita [empezó] a obtenerlo en su fábrica de explosivos de Galdakao, y más claramente desde 1884, en que los descendientes del citado Cros lo [produjeron] en mayor escala en su fábrica de fertilizantes agrícolas de Badalona. De la última fecha en adelante, el progreso del ácido sulfúrico se desarrollará en paralelo con el de los superfosfatos. De ahí la buena posición de España en 1934, una fecha en la que nuestro país ocupa uno de los primeros puestos en el ramo de los abonos fosfatados” (*Atlas de la industrialización de España, 1750-2000*; 2003; p. 192). Ahora bien, se añade, “el lapso de tiempo transcurrido entre la llegada del primer Cros y el establecimiento de su nieto en Badalona, vio en Europa el triunfo de la sosa artificial por el procedimiento de Leblanc (tratamiento de la sal común con el ácido sulfúrico). La riqueza pirítica y salinera de nuestro país parecían destinarle a una posición relevante en dicha especialidad. Sin embargo, la parvedad del consumo (y la extrema carestía del carbón mineral) frustró todas las expectativas y la fabricación alcalina se mantuvo inédita hasta comienzos del siglo XX, cuando la sosa Leblanc, finalmente obsoleta, había dejado el puesto a otras más modernas”.

Otros datos interesantes en este mismo sentido son los que aparecen en el estudio de Ángel Toca sobre la planta que Solvay instaló en Torrelavega. “Hasta la aparición de los métodos sintéticos”, leemos en ese estudio (*La introducción de la gran industria química en España. Solvay y su planta de Torrelavega (1887-1935)*; 2005, pp. 83-84), “España fue el principal exportador europeo de sosa. A lo largo de la costa mediterránea existieron una serie de establecimientos dedicados a la extracción y purificación de sosa, obtenida a partir de la combustión controlada de algunas plantas salíferas. Estos productores llegaron a exportar cuatro millones de libras de barrilla en 1792, pero la caída de precios asociada a la aparición de la sosa Leblanc provocó su desaparición, siendo sustituidas sus modestas fabricaciones por la importación. A partir del segundo cuarto del siglo XIX conocemos la presencia de establecimientos dedicados a la fabricación de sulfato de sodio y ácido clorhídrico, productos que se obtenían en la primera de las dos reacciones que constituían el procedimiento Leblanc. En efecto, los productores de ácidos instalados en los alrededores de Barcelona utilizaron esta reacción para obtener ácido clorhídrico. Por otra parte, el sulfato de sodio sustituyó muchas veces a la sosa en la producción de vidrio, razón por la cual recibió el confuso nombre de barrilla artificial. A mediados de siglo, numerosos industriales extrajeron y purificaron el sulfato de sodio proveniente de los ricos yacimientos madrileños (Ciempozuelos, Aranjuez y Valdemoro), burgaleses (Cerezo del Río Tirón) y zaragozanos (Mediano). Esto les

permitió en algunas ocasiones levantar pequeñas plantas Leblanc, ya que la naturaleza ofrecía la materia prima de la segunda reacción del procedimiento sin necesidad de utilizar el costoso ácido sulfúrico. Ejemplos de este tipo de instalaciones fueron la fábrica de cristalización de sulfato de sodio de Ciempozuelos, la cual a su vez alimentaba una pequeña planta de producción de carbonato en Valdemoro, y la planta que la sociedad francesa Compañía de Minas de Sosa de Aranjuez levantó diez años más tarde para suministrar sosa a la fábrica de vidrio hueco de la localidad. De similares características debió ser la pequeña planta de purificación de sulfato y los hornos de obtención de carbonato construidos en 1846 en la localidad burgalesa de Cerezo del Río Tirón. Las pequeñas dimensiones de todas estas instalaciones, el elevado precio del carbón en nuestro país y la dura competencia que plantearon los grandes productores británicos y franceses, hicieron que estos establecimientos terminasen por desaparecer antes de alcanzar el último cuarto del siglo XIX”.

Entre los hechos que se deducen de la cita de Nadal está uno que, podríamos decir, caracteriza una buena parte de la historia industrial y tecnológica española: la importancia capital de la presencia de compañías extranjeras. Y “presencia extranjera” significa que al menos parte –habitualmente una parte importante– de los beneficios que se obtienen con la actividad en cuestión abandonan las fronteras nacionales.

De la física a la industria de la electricidad

Me acabo de referir a la química, pero ¿y la física? No olvidemos que la institucionalización de la ciencia y la industrialización que, como indiqué, se produjo durante el siglo XIX tuvo dos pies: la química orgánica y la física del electromagnetismo, estrechamente relacionada con el desarrollo de las comunicaciones (telecomunicaciones), alumbrado y transporte. Dicho de otra forma, si se desea estudiar la cuestión de ciencia, técnica y sociedad en el siglo XIX, no hay más remedio que considerar también el caso de la física. ¿Cuál era la situación en España de esta ciencia, generadora durante todo el siglo de riqueza económica y poderío industrial?

La respuesta a esta cuestión es que la situación fue mala; que los físicos o ingenieros españoles no aportaron nada original de valor a la física. Ahora bien, el que España no aportase nada a la física del electromagnetismo no quiere decir que no existiese una industria de la electricidad. Siguiendo de nuevo el *Atlas* de Jordi Nadal (pp. 88-89), tenemos que “en España, la electricidad se introdujo con muy poco retraso respecto a los países pioneros.

En 1875, meses después de haberse patentado, se importaron las primeras dinamos de Gramme y en los años siguientes se realizaron instalaciones en diversas fábricas. En 1882 se constituyó en Barcelona la primera compañía eléctrica de servicio público, la Sociedad Española de Electricidad, cuyo ejemplo fue seguido inmediatamente por un sinnúmero de empresas de todo tamaño y origen. La pasión por la electricidad sólo puede comprenderse si recordamos la débil implantación que tuvo en España el gas de hulla. La mayor parte de los españoles pasaron directamente de la luz de aceite a la bombilla eléctrica sin transitar, como la mayoría de los europeos por la lámpara de gas”.



Otro dato en el mismo sentido es el gran crecimiento que experimentó la longitud de las líneas telegráficas y el número de oficinas en España desde 1855 hasta 1880. De 713 kilómetros y 14 oficinas en 1855, se pasó a 16.124 kilómetros y 365 oficinas. Y como es bien sabido, una de las manifestaciones de la “revolución electromagnética” decimonónica tuvo que ver con la telegrafía. Este hecho, una débil infraestructura científica que se ve acompañada por un relativamente rápido desarrollo industrial, tiene diversas lecturas. Una de ellas es que no es necesaria una ciencia poderosa para incorporar en la “infraestructura tecnológica de servicios” nuevos avances tecnológicos: basta con comprar maquinaria o/y patentes, como ya vimos que también sucedió en el caso de la química. De hecho, semejante situación ha acompañado y acompaña todavía a España. Se puede ser un país incluso rico, teniendo una base científica pobre.

Las ciencias naturales y las ingenierías de Montes y Minas

Hasta ahora me he ocupado básicamente de la técnica y ciencias basadas en el conocimiento físico-químico, pero no cubren estas ciencias todo el espectro científico y tecnológico. Están también las ciencias naturales, en las que el protagonista es el medio físico y la flora y fauna existente en ella. Estas ciencias gozaron en el siglo XIX de una situación más satisfactoria que las “hijas de la física y la química”, debido (no es, sin duda, la única razón pero sí, creo, la más importante) a su dimensión taxonómica, menos exigente desde el punto de la teoría y de la instrumentación –de la industria– para la indagación experimental, y a tener como material de partida la propia naturaleza, disponible en principio sin necesidad de los recursos que exige una actividad como, digamos, la industria química. En otras palabras: para un país como España, retrasado tecnológicamente y económicamente, era más fácil ocuparse de las ciencias naturales que de las físico-químicas y matemáticas. Y no sólo más fácil, también, en más de un sentido, más necesario y primario, ya que la primera obligación de una nación es conocer la “materia prima” de que dispone; esto es, conocer su territorio, especies animales y vegetales que la pueblan y el estado en que se encuentran, así como los minerales que posee. Precisamente por esto, en 1849 se estableció una Comisión encargada de “formar la Carta geológica del terreno de Madrid, y reunir y coordinar los datos para la general del reino”, según manifestaba el correspondiente decreto. No prosperó, sin embargo, esta iniciativa, habiendo que esperar a 1870 cuando se reorganizó bajo el nombre de “Comisión del Mapa Geológico de España”.

Las ciencias naturales también poseen, es evidente, una dimensión “técnica” a la que ningún país puede escapar. Por ello, no es posible limitarse a tratar únicamente de sus aspectos más académicos, aquellos que tienen que ver con profesionales cuyo dominio son preferentemente Facultades universitarias o museos de ciencias. Y en este punto surgen, inevitablemente, ingenierías como las de Montes y de Minas.

En lo que a la ingeniería de Montes se refiere, destacaré los esfuerzos que se realizaron por introducir los nuevos conocimientos y las nuevas técnicas que en Europa, especialmente en Alemania, se estaban desarrollando desde finales del siglo XVIII y que, con el nombre de *Ciencia*

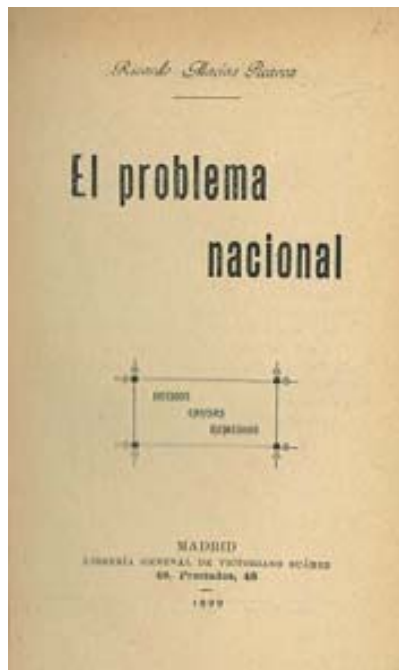


Dasonómica, buscaban conciliar la explotación racional del bosque con la conservación del mismo. Semejante preocupación se plasmó oficialmente con la publicación de las *Ordenanzas generales de Montes* de 22 de diciembre de 1833, en las que se contemplaba la creación de una Dirección General de Montes, lo que a su vez obligaba a disponer de personas con formación científica en materia forestal. Digno de recordar es, asimismo, la promulgación de un decreto (1 de mayo de 1835) que disponía la creación, en octubre de 1835, de una Escuela Especial de Ingenieros de Bosques, aunque su aplicación se fue demorando. De hecho, hubo que esperar a otro decreto, promulgado el 18 de noviembre de 1846, para que la Escuela fuera definitivamente creada, aunque las enseñanzas no se iniciaron hasta el 1 de enero de 1848.

A pesar de su evidente dimensión práctica, en la ingeniería de Montes española la “modernización” tuvo como uno de sus ejes preferentes de orientación la ciencia; la “razón económica”, que la hubo, por supuesto –los bosques constituían un valor evidente–, no fue lo suficientemente importante como para que se produjese algo que afectó profundamente a otros campos de los mundos hispanos relacionados con la tecnología; a saber, la dependencia, o la invasión, de capital extranjero.

Este último punto se manifiesta con particular notoriedad en el caso de la ingeniería de Minas. La importancia de esta especialidad era tan obvia que la creación de un centro de enseñanza superior no tuvo que esperar, como en el caso de la ingeniería de Montes, al siglo XIX: la Escuela de Ingenieros de Minas fue creada en 1777, bajo el reinado de Carlos III, en Almadén (Ciudad Real) (cuando se fundó, apenas existían centros de este tipo en Europa; las Academias de Minas de Friburgo (Alemania) y de Hungría y el Instituto Especial de Minas de San Petersburgo (Rusia) fueron establecidas unos años antes, mientras que la Escuela parisina no hizo su aparición hasta 1778). Y esa misma importancia no pasó desapercibida en el extranjero, no siendo capaz España de aprovecharse completamente de semejante valor, como muestra el que a finales del siglo XIX las compañías más importantes que operaban en suelo hispano eran mayoritariamente extranjeras: Río Tinto Co. Ltd. (británica), Sociéte Minière et Metallurgique Peñarroya (francesa); Tharsis Sulphur and Cooper Co. Ltd. (británica); Compañía de Águilas (francesa); Compagnie Royale Asturienne des Mines (belga); y Orocnera Iron Ore Co. Ltd. (británica). Todas tenían capitales superiores a las españolas que operaban en el campo: Sociedad Metalúrgica Duro-Felguera, Compañía Minera de Sierra Menera, Sociedad Hullera, y a la franco-española Compañía Española del Rif.

Es cierto, por supuesto, que algunos historiadores de la economía han argumentado que las inversiones extranjeras tuvieron efectos positivos, debido al empleo que dieron a recursos ociosos (mano de obra y técnicos), a la explotación de unos yacimientos que, sin su presencia, se hubieran abandonado, al menos en parte, y a la generación de unos importantes flujos de capital, decisivos a la hora de equilibrar la balanza de pagos, pero no es de esto de lo que yo me estoy ocupando aquí, sino de la capacidad o incapacidad de sacar partido a las potenciales que la técnica y la ciencia ponían a disposición a lo largo del siglo XIX de los posibles interesados.



Ciencia, técnica y poder a propósito de la pérdida de Cuba

Abordaré por último otro aspecto de las relaciones entre “ciencia, técnica y sociedad”, uno en el que política y sociedad se mezclan de manera especialmente evidente en la España de finales del siglo XIX y comienzos del XX.

En la historia de España de este periodo, un episodio destaca por sus consecuencias: la pérdida, en 1898, de Cuba en la guerra con Estados Unidos y con ella de los últimos vestigios del antiguo imperio americano colonial español. Algunos asociaron la derrota con la situación de la ciencia hispana. Uno de ellos fue Ricardo Macías Picavea (1847-1899), que en su célebre libro, *El problema nacional* (1899), escrito muy poco tiempo después de “El desastre”, manifestaba: “Segue abundando entre los togados la garrulería verbosa, investigadores originales, experimentalistas concienzudos, laboradores del conocimiento positivo en la literatura, en la historia, en la filología, en la física, en la química, en la biología, en el derecho [...] ¿dónde los hay? Puede que lleguen hasta una docena de nombres propios, y tres o cuatro Institutos académicos o científicos; siempre, eso sí, en condiciones harto modestas y precarias por el vacío asfixiante de que se ven rodeados”. Y luego concluía: “Nuestra cultura es sólo cultura de segunda mano, epidérmica, yuxtapuesta, no nacional, advenida casi exclusivamente por el arcaduz francés”.

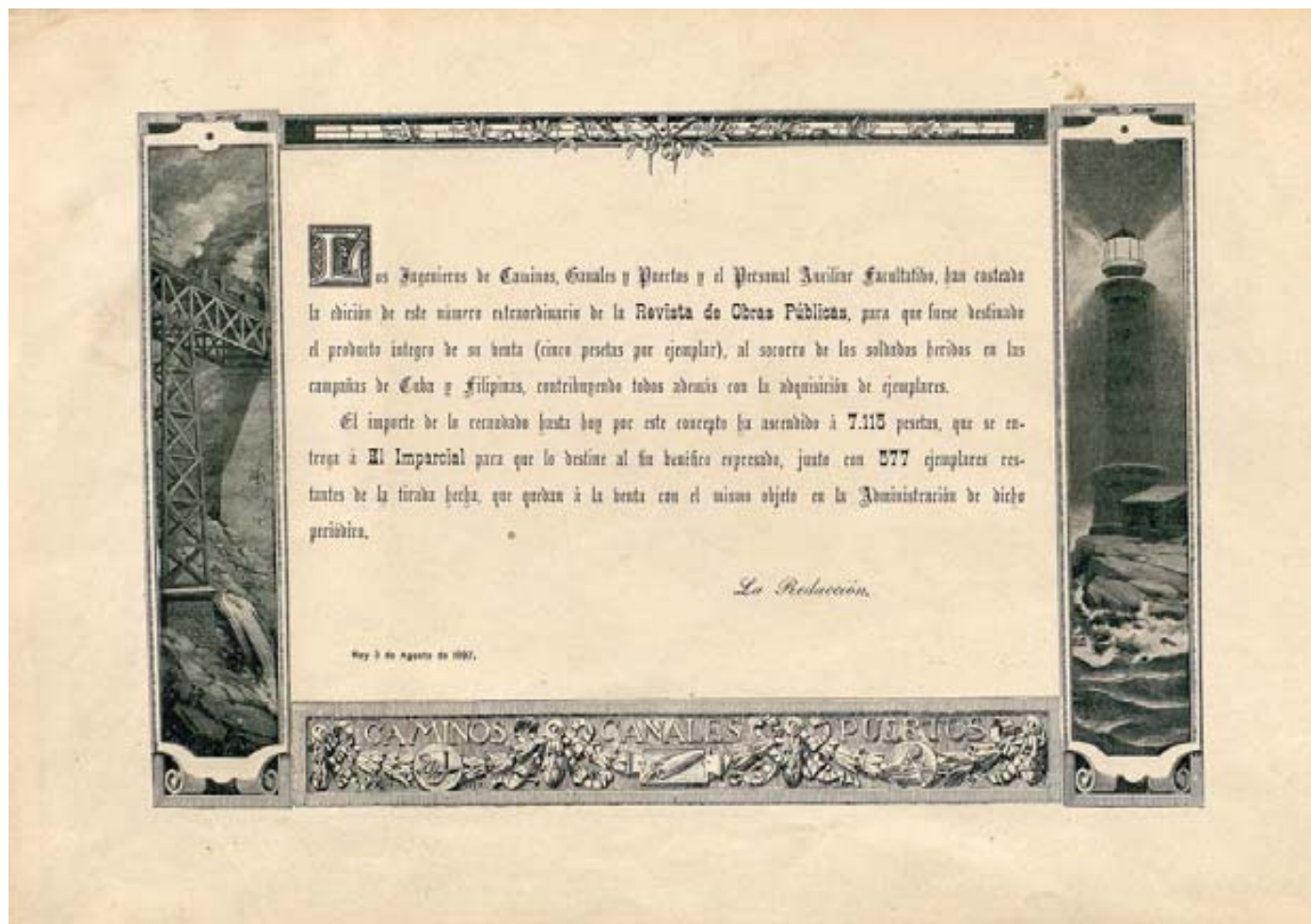
Otro de los que se manifestó en semejante sentido fue nada más y nada menos que Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), el gran científico español, que en un artículo que publicó en 1898 en *El Liberal* manifestaba:

“Transformar la enseñanza científica, literaria e industrial, no aumentando, como ahora está de moda, el número de asignaturas, sino enseñando de verdad y prácticamente lo que tenemos. Bajo este aspecto habría que decir de nosotros cosas atroces. La media ciencia es, sin disputa, una de las causas más poderosas de nuestra ruina. A la hora de manejar los cañones no les han faltado a nuestros artilleros conocimientos matemáticos, sino la práctica de dar en el blanco. Digo lo mismo de los médicos, físicos, químicos y naturalistas; todos son doctísimos pero pocos saben aplicar su ciencia a las necesidades de la vida y rarísimos los que dominan los métodos de investigación hasta el punto de hacer descubrimientos.

Hay que crear ciencia original, en todos los órdenes del pensamiento: filosofía, matemáticas, química, biología, sociología, etcétera. Tras la ciencia original vendrá la aplicación industrial de los principios científicos, pues siempre brota al lado del hecho nuevo la explotación del mismo, es decir la aplicación al aumento y a la comodidad de la vida. Al fin, el fruto de la ciencia aplicada a todos los órdenes de la actividad humana, es la riqueza, el bienestar, el aumento de la población y la fuerza militar y política”.

Y concluía: “Hemos caído ante los Estados Unidos por ignorantes y por débiles, que, hasta negábamos su ciencia y su fuerza. Es preciso, pues, regenerarse por el trabajo y el estudio”.





El 23 de junio de 1899, ideas no muy diferentes a las de Cajal encontraban eco en las Cortes, donde el diputado Eduardo Vincenti manifestaba:

“Yo no cesaré de repetir que, dejando a un lado un falso patriotismo, debemos inspirarnos en el ejemplo que nos ha dado los Estados Unidos. Este pueblo nos ha vencido no sólo por ser más fuerte, sino también por ser más instruido, más educado; de ningún modo por ser más valiente. Ningún yanqui ha presentado a nuestra escuadra o a nuestro ejército su pecho, sino una máquina inventada por algún electricista o algún mecánico. No ha habido lucha. Se nos ha vencido en el laboratorio y en las oficinas, pero no en el mar o en la tierra”.

No se podía ser un país poderoso, se argumentaba, al margen de la ciencia y de la técnica. Todavía hoy, más de un siglo después, algunos seguimos creyendo eso.

Las imágenes de libros reproducidas en este artículo corresponden a ediciones conservadas en el fondo antiguo de la Biblioteca de la Fundación Juanelo Turriano.

UN EPISODIO DE LA HISTORIA DE LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO TECNOLÓGICO EN ESPAÑA. LA DESTRUCCIÓN DEL ARTIFICIO DE JUANELO EN 1868

DANIEL CRESPO DELGADO
Fundación Juanelo Turriano

Desde su creación, la Fundación Juanelo Turriano ha promovido la puesta en valor del legado de la ingeniería y la técnica, no siempre suficientemente apreciado y protegido. De hecho, una obra estrechamente vinculada con la Fundación revela la compleja historia de la conservación y preservación de este patrimonio en la España moderna. Nos referimos a la empresa más significada de Juanelo Turriano, el conocido como Artificio de Toledo, cuyos últimos restos materiales se dinamitaron a principios de 1868.

Durante el siglo XIX la exportación, robo o destrucción de patrimonio histórico fue moneda común en España. La eliminación de obras del pasado en nombre del progreso o, simple y llanamente, su mera desaparición resultó habitual en un siglo tumultuoso como pocos. No todos permanecieron sordos ante el estruendo de tanta ruina. Lamentos y llamamientos en defensa del legado histórico español irrumpieron en artículos, libros, discursos, tertulias y hasta en los ámbitos de decisión política. La conservación patrimonial se convirtió en una preocupación pública. De ahí que la demolición del Artificio de Juanelo Turriano no dejase indiferente a ciertas personalidades e instituciones.



Charles Clifford, *Arco central del puente de Alcántara y ruinas del Artificio de Juanelo*, 1858.

El 1 de marzo de 1868, apareció en *El Averiguador*, semanario nacional de corta pero intensa vida, un contundente artículo denunciando la destrucción del Ingenio de Juanelo. El encabezamiento del artículo no dejaba lugar a duda del juicio que la voladura le había merecido a su autor: “barbarie”. Lo firmó el propio director del semanario, prohombre de las letras y la cultura decimonónicas, Gregorio Cruzada Villaamil. Sus palabras no pasaron inadvertidas porque rápidamente la Comisión de Monumentos Históricos y Artísticos de Toledo redactó una carta en la que intentaba aclarar las circunstancias de la demolición del Artificio y exculparse de toda responsabilidad. Dicha carta fue publicada en *El Averiguador* del 22 de marzo de 1868, si bien acompañada de profusas notas de Cruzada Villaamil en las que respondía uno por uno a los argumentos exculpatorios de la Comisión. Su tono crítico no menguó en estas notas.

Pero la voladura de los restos del Artificio no sólo conmovió a personalidades individuales y encontró eco en la prensa. Este caso consiguió movilizar a las dos instituciones que tenían encomendado por el gobierno el control de la salvaguarda del patrimonio: la Real Academia de la Historia y la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

Los efectos devastadores de las desamortizaciones, guerras y otros desmanes que se sucedieron en las primeras décadas del siglo XIX impulsaron la creación de las llamadas Comisiones de Monumentos (1844). Establecidas en cada provincia, dichas comisiones asumieron la misión de velar por las antigüedades y el patrimonio de su respectiva región, si bien se creó una Comisión Central para su supervisión y coordinación. Aunque ya en 1857 las academias de historia y de bellas artes asumieron el papel de la Central, tal dependencia se confirmó con el real decreto de 24 de noviembre de 1865. Este decreto fue la espina dorsal de la legislación española sobre la conservación patrimonial en las décadas siguientes. No casualmente fue citado en varias ocasiones por quienes terciaron en la polémica desatada por la demolición del Artificio.

La normativa, pues, consagró la responsabilidad de las academias de historia y de bellas artes en la protección del patrimonio. Por ello no debiera sorprender su reacción ante la destrucción del Artificio.

En sesión ordinaria de la Academia de San Fernando celebrada el 10 de febrero de 1868, el influyente intelectual Pedro de Madrazo dio cuenta “del desmán lamentable cometido por el Alcalde Corregidor de Toledo haciendo volar las ruinas de la célebre construcción conocida por el Artificio de Juanelo”. La Academia, sorprendida y disgustada, decidió denunciar este hecho al ministro de la Gobernación –de quien dependía la administración provincial–, rogándole aclarase las circunstancias en las que se autorizó y llevó a cabo un acto que no se dudó en calificar de vandálico.

La Academia de Historia tampoco permaneció en silencio. Es más, sus actuaciones fueron de mayor calado, seguramente porque siendo los restos destruidos pertenecientes a un edificio histórico más que artístico, lo consideró propio de su competencia. Nombró a dos de sus miembros para que se trasladasen a Toledo y recabasen información sobre las circunstancias de la detonación. El encargo recayó sobre el ingeniero de caminos Eduardo Saavedra y

el abogado y arqueólogo malagueño Manuel Oliver y Hurtado. Actuaron con presteza ya que el 20 de febrero de 1868 elevaron un informe detallado a la Academia, que tras quedar enterada, les solicitó que junto al líder conservador Antonio Cánovas del Castillo propusiesen “lo que haya de decir al Gobierno y a la Comisión provincial de monumentos de Toledo”. El triunvirato Saavedra-Oliver-Cánovas solicitó al gobierno que aclarase las responsabilidades de las autoridades locales que impulsaron esta empresa, en especial de su máximo instigador según todas las fuentes, el alcalde de Toledo. Las referencias a la Comisión de Toledo fueron más contundentes si cabe. Los académicos manifestaron su sorpresa porque en ningún momento, ni siquiera después de la voladura, la Comisión hubiese manifestado su oposición o, simplemente, se lo hubiese comunicado a la Academia tal como la normativa –esto es, el citado reglamento de 1865– prescribía.

Ante estas críticas, la Comisión de Toledo arguyó que la demolición del Artificio se inscribía en un proyecto necesario para la ciudad y aprobado por el ayuntamiento y el gobernador. Nadie les había consultado su parecer sobre el valor de los restos a destruir. No habían actuado de oficio tal como ordenaba el decreto de 1865 porque consideraban que lo que permanecía en pie del Artificio no era una obra de “verdadero mérito o interés nacional”. Pero a la Academia de Historia esta respuesta no le pareció convincente y volvió a incidir en que lo ocurrido revestía especial gravedad al destruirse un importante monumento de la historia española de manera impune, sin que un órgano competente examinase previamente su necesidad.

Queda claro, pues, que la voladura del Artificio supuso un revuelo considerable en los órganos y estamentos implicados en la conservación del patrimonio. El cruce de cartas entre instituciones e incluso en medios públicos como la prensa, nos permiten trazar las posiciones de los implicados, los principios que entraron en juego en la desaparición de los últimos vestigios del Artificio de Juanelo y los esgrimidos al valorar dicha destrucción.

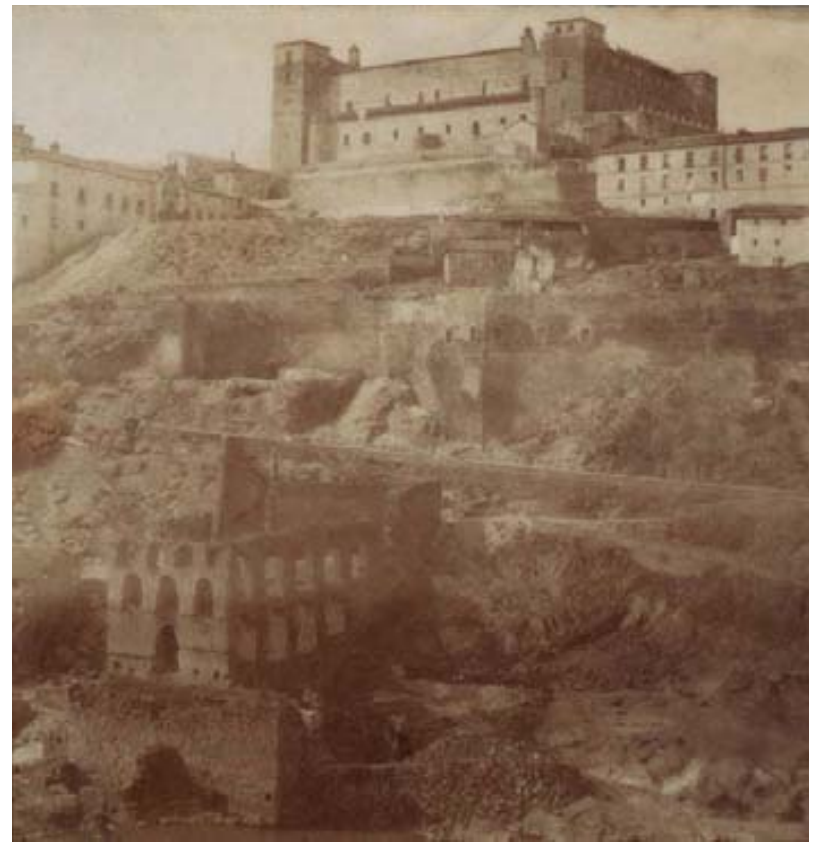
Quienes lamentaron la demolición partieron de una premisa: la indiscutible relevancia histórica del Artificio y, por consiguiente, de los restos conservados. Enlazando con una tradición escrita nunca detenida desde que su complejo mecanismo se pusiese en funcionamiento en el último cuarto del siglo XVI, los eruditos decimonónicos subrayaron el ingenio extraordinario, “mezcla rara de empirismo y de ciencia”, que construyó el relojero cremonense Juanelo Turriano para izar, en mágico vuelo, las aguas del Tajo hasta el Alcázar toledano.

Señalaron que supuso, tal como las fuentes coetáneas lo reflejaban, uno de los inventos más sorprendentes de su época, testimoniando el alto grado de desarrollo alcanzado por la ciencia y la tecnología en la España renacentista. Lo calificaron como una “gloria para el país que aventajaba entonces al resto del mundo en la protección dispensada a las artes, a las letras, a los inventos útiles y a los nuevos descubrimientos”. Un argumento en absoluto trivial en el siglo XIX, sacudido por una fuerte crisis de identidad colectiva y en el que España se sentía descolgada de los adelantos –especialmente técnicos– que día a día y a una velocidad vertiginosa daban sus envidiados vecinos.

Su cercanía a la Corte agravaba aún más, si cabe, la voladura del Artificio. Como se apuntó desde la Academia de San Fernando, un país que pretendía pasar por culto y civilizado no

podía permitirse la vergüenza de soportar la destrucción de un testimonio tan relevante de su historia y de su ciencia, a escasos cien kilómetros de su capital, sin denunciarla. El prestigio del gobierno y de sus instituciones culturales se había puesto en entredicho.

Frente a ello, la Comisión de Monumentos de Toledo dudó de la mayor. Afirmó la significación histórica del Artificio, pero consideró los vestigios conservados de escasa importancia, un “simple recuerdo”. Se escudaron en ello para justificar no haber actuado ante su destrucción. Las fotografías y grabados anteriores a su demolición revelan que lo que quedaba del Artificio en 1868 era una arquería doble de fábrica a orillas del Tajo. Esta arquería conformaría el perímetro del edificio que albergó originariamente las ruedas y sustentaría el acueducto para conducir el agua hasta el primer nivel de la maquinaria ideada por Juanelo. Incluso la Comisión llegó a poner en duda que tales muros perteneciesen a la obra originaria de Juanelo y no a una de las intervenciones realizadas en el Artificio durante los siglos XVII o XVIII. Cruzada



Luis Masson, *Ruinas del Artificio de Juanelo Turriano* (antes de 1868). Fotografías de la Real Academia de la Historia.

Villaamil contestó este intento de la Comisión de minusvalorar los vestigios dinamitados: su confirmación de la importancia del Artificio conllevaba la relevancia de tales restos. No cabía escudarse en que eran un “simple recuerdo”, anotando Villaamil que en demasiadas ocasiones “todas las grandes tradiciones y muchísimos hechos históricos” eran poco más que eso.

Pero la Comisión no sólo arguyó sobre el valor o la relevancia de ciertos recuerdos. Era el presente lo que afirmó estaba en juego. Y tal fue el nudo gordiano de todo este asunto. En sus comunicaciones, la Comisión insistió en recordar que la demolición del Artificio se había realizado por una razón de peso: para construir en ese mismo lugar –el más adecuado según los expertos– una moderna máquina hidráulica que elevase las aguas del Tajo a Toledo. El argumento era rotundo: habían desaparecido restos inútiles para erigir una obra necesaria para la ciudad. Confiaban en este planteamiento ya que la Comisión era consciente de que si el problema lograba situarse o entenderse como un pulso entre el progreso y el pasado, su posición

resultaría prácticamente inexpugnable. En la carta enviada a *El Averiguador* afirmaron que de no construir una obra moderna de abastecimiento en el mismo lugar, hubiese merecido la pena conservar las ruinas del Artificio. Pero recordaron que Toledo se asentaba sobre una densa historia, casi tan sólida como la roca que le servía de base, y que cada uno de sus edificios testimoniaba su rico pasado. Pretender conservarlo todo sería embalsamar la ciudad, “condenar a este pueblo a la inmovilidad y renunciar en él a todo progreso”.

Cruzada Villaamil volvió a incidir en el peligro de abrazar alegremente ciertos principios. Si la utilidad devenía un criterio absoluto, ¿qué impedía arramblar con la antigua sinagoga de Santa María la Blanca, también sita en Toledo, y levantar en su lugar un matadero o una fábrica de velas? La conservación del patrimonio exigía ampliar los valores que entraban en juego al gestionar los lugares y el territorio. Aun así, era evidente que resultaba insuficiente ante el debate planteado (agua sí - agua no) remitirse a valores genéricos. Por

ello, los “conservacionistas” propusieron que el agua para el abastecimiento de la ciudad se podía haber tomado en otro punto; incluso la Academia de Historia planteó dudas acerca de la eficacia del proyecto a realizar y recordó que en el concurso organizado se habían presentado otros que sí contemplaban la conservación de los restos del Artificio. De todos modos, es muy interesante comprobar que la Academia dejase bien claro en sus comunicaciones



Alexandre de Laborde, Vista de Toledo en el *Voyage pittoresque et historique de l'Espagne*, 1806-1820.

institucionales que nunca había pretendido que el respeto a las antigüedades supusiese un embarazo a la vida de los pueblos. Es más, advirtió del peligro de caer en un celo excesivo. La Academia insistió en que no se oponía frontalmente al derribo del Artificio sino a cómo se había realizado, dinamitándose un edificio histórico sin que lo hubiese precedido un examen detenido por una institución cualificada. Resultaba un precedente peligroso y más en una España donde se acumulaban los ejemplos reveladores de que la preservación del patrimonio era una asignatura pendiente.

Pero el control y las garantías demandadas por la Academia de Historia resultaban difíciles de establecer. Las autoridades locales no siempre se someterían gustosas a un examen ajeno. Las exigencias del presente resultaban, en ocasiones, demasiado acuciantes como para depender de decisiones externas. Las fuentes insisten en que el ayuntamiento de Toledo, encabezado por su alcalde-corregidor Gaspar Díaz de Labandero, promovió el abastecimiento de agua como una medida para la puesta al día y mejora de los servicios de la ciudad. Fue una iniciativa más de las sucedidas a lo largo del siglo para modernizar Toledo. Suministrar agua a la antigua capital tenía además un hondo significado para los toledanos, infundiéndoles algo de confianza en su incierto futuro. No sólo era agua lo que se pretendía llevar.

Prácticamente desde su fundación, el abastecimiento de agua de la ciudad había supuesto un grave problema. Con el desarrollo tecnológico vivido en el siglo XIX, el consistorio toledano revivió el sueño largamente acariciado de hacer llegar mecánicamente el vital elemento a la ciudad. De mediados de siglo datan los primeros proyectos en este sentido, mas fue el presentado en 1861 por el ingeniero Luis de la Escosura el que, al menos en parte, se realizó. Preveía la traída de agua desde la fuente del Cardenal de la dehesa de La Pozuela para el consumo humano y la elevación de aguas del Tajo para los otros usos. La captación de La Pozuela se concluyó en 1863, pero el proyecto de Escosura de elevación de aguas del Tajo acabó desechándose. El ayuntamiento convocó un concurso en 1865 para que se presentasen otros proyectos de elevación desde el Tajo, manteniendo la toma en el paraje de Alcántara y el Alcázar como cota ya establecida por Escosura como más conveniente. En 1867 el ayuntamiento aprobó el proyecto del ingeniero José López Vargas, cuyas obras, como sabemos, se iniciaron a principios de 1868 con una voladura.

El día que se inauguró la traída de aguas de las fuentes de La Pozuela, el ayuntamiento organizó unos sonoros festejos. También la puesta en funcionamiento en enero de 1870 de la Casa Elevadora de López Vargas sobre el antiguo Artificio motivó celebraciones. Para una ciudad consciente de su decadencia, imbuía de esperanza llevar a cabo una obra como la del abastecimiento, que suponía superar una carencia secular y dotarse de una infraestructura moderna.

Tanto la Academia de San Fernando como los académicos enviados por la de Historia a Toledo para aclarar las circunstancias de la voladura del Artificio, señalaron al alcalde Labandero como su principal instigador. Le reconocieron su celo modélico, pero también su ansia de protagonismo que lo llevaba a querer abanderar cualquier obra que supusiese una mejora de la ciudad. Para la comisión extraordinaria de la Academia de Historia, fue su pretensión

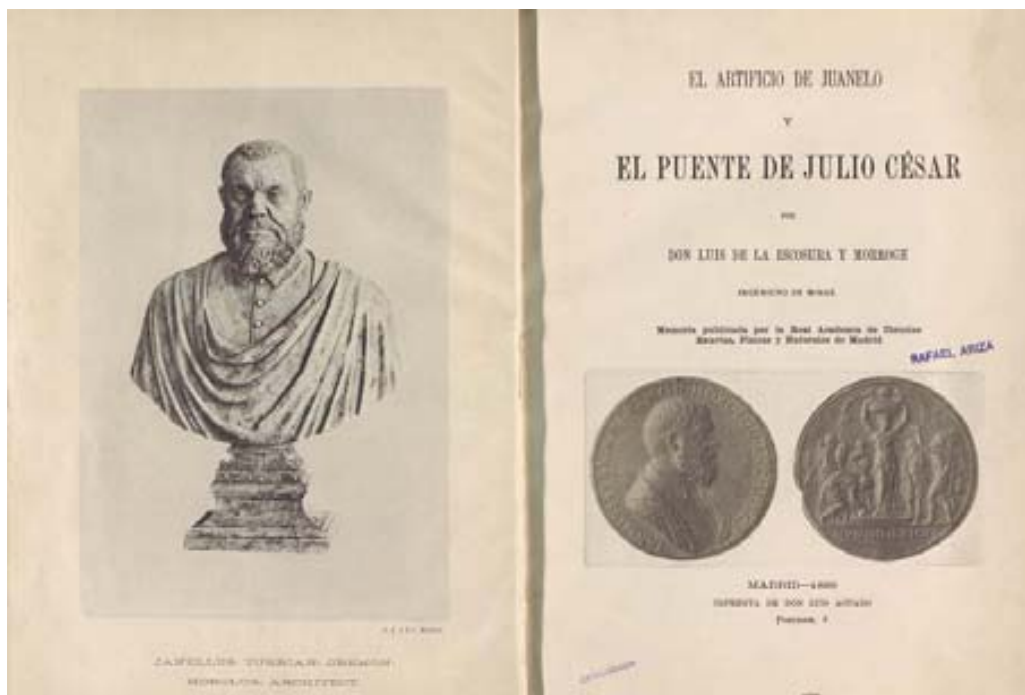
de obtener toda la gloria de acometer la empresa de la subida de las aguas del Tajo, la que empujó a Labandero a actuar con premura y saltarse cualquier formalidad. Las circunstancias del momento, además, incitaron al alcalde.

Toledo sufría una fuerte crisis producida por una intensa sequía, un alza de los precios del pan y un paro abrumador. La situación de las clases populares era insostenible y la realización de obras públicas suponía un medio para procurar trabajo. De hecho, la diputación provincial, con el gobernador a la cabeza, y el ayuntamiento de Labandero impulsaron distintas obras para aliviar la penosa situación social. Los comisionados de la Academia de Historia detectaron rivalidades entre el gobernador y el alcalde, en especial por parte del segundo. Así, la rapidez con la que Labandero instigó la voladura del Artificio la explicaban por su prisa en “anticiparse a otra obra pública y en mayor escala que el gobernador preparaba con parecido objeto”.

Ante una obra como la del abastecimiento de agua, largamente anhelada y que además se presentaba como un alivio de los más necesitados, la Academia se explicaba el silencio de la Comisión de Monumentos y de hasta el mismísimo gobernador. La ecuación agua y pan frente a pasado resultaba demasiado contundente como para oponerse a ella sin levantar recriminaciones en la ciudad. Aun así, la Academia de la Historia subrayó que las urgencias y necesidades políticas, aunque superpuestas a las más urgentes de la sociedad, no podían consagrarse como un criterio exclusivo en la determinación del destino del patrimonio histórico.



Francisco Javier Parcerisa, *Puente de Alcántara con las ruinas del Artificio*, en *Recuerdos y bellezas de España*, 1853.



Desgraciadamente, tras el derribo del Artificio, ni el hambre ni la miseria desaparecieron de Toledo. En cuanto al abastecimiento de agua, la elevadora de López Vargas arrastró problemas desde su inauguración y no consiguió solucionar el problema del suministro de agua, un tema no resuelto definitivamente hasta bien entrado el siglo XX.

Llegados a este punto, podemos afirmar que la voladura del Artificio condensó algunos de los desafíos que la conservación del patrimonio histórico presentó a lo largo del siglo XIX. Desafíos que, no pocos, siguen presentes en cierta medida. En primer lugar, nos revela la falta de una legislación clara y de unos instrumentos precisos para su aplicación. Sin catálogo monumental o alguna categoría patrimonial específica concedida por las autoridades, de nada se podía culpar a los promotores del derribo del Artificio excepto de alguna falta administrativa leve o de una disposición incorrecta; las competencias de unas ya de por sí voluntariosas comisiones provinciales

tampoco resultaban claras. Existía, pues, demasiada indefinición para un problema complejo y para unas instituciones carentes de la suficiente solidez. En segundo lugar, la sociedad decimonónica experimentaba profundas transformaciones no siempre fáciles de armonizar con los restos materiales del pasado. Esperanzados por lo moderno, los hombres del siglo XIX vieron no pocas veces el pasado como un inconveniente o un lastre. La falta permanente de recursos de un país empobrecido no ayudaba ni a conservar ni a promover políticas de largo alcance. Las carencias de dinero eran excesivas como para oponer otras realidades. Así, el Artificio se dinamitó porque resultaba más barato que mantenerlo o integrarlo en una nueva obra. Aunque en crecimiento, el turismo, a mediados del siglo XIX, todavía no había alcanzado un desarrollo tal como para que el patrimonio proporcionase ingresos notables. También se carecía de suficiente sensibilidad. En sus informes sobre este caso, la Academia de Historia incidió en que uno de los objetivos de las comisiones provinciales debía ser crear un clima favorable entre las autoridades y la opinión pública respecto al patrimonio. La Academia era consciente de que la protección del patrimonio pendía, en último término, de un cambio de sensibilidad. La multiplicación de escritos, incluso en la prensa, distribuida entre un público amplio y heterogéneo, defendiendo la necesidad de preservar el patrimonio histórico cumplió un papel clave en la conformación de dicha sensibilidad.

A mediados del siglo XIX, la preocupación por la conservación del patrimonio no era en absoluto desconocida en España, manejándose conceptos y principios que iban adquiriendo progresiva consistencia. No deja de ser revelador que la Academia de Historia defendiese la importancia histórica del Artificio como “un indicio para el estudio y conocimiento del estado de las ciencias mecánicas” en el momento de su construcción. En otro lugar se dijo que era un monumento que serviría “de estudio para los progresos del arte y de la industria humana”. Esto es, el legado técnico, aquel que permitía analizar un elemento ya juzgado determinante

para el desarrollo de las sociedades como el saber científico y tecnológico, se consideraba, con pleno derecho, patrimonio histórico de un país. De todos modos, la Comisión de Toledo infravaloró los restos del Artificio afirmando que eran una mera arquería sin “verdadero mérito o interés nacional”. Es más, el nuevo edificio que se iba a erigir en su lugar cumpliría la misma función que el Artificio, no habiendo “motivo para llorar la pérdida de las ruinas de Juanelo si lo que ellas significaban ha de reemplazarse con otra cosa más interesante”. La identificación, pues, de las dos obras, la vieja y la nueva, al cumplir una misma función que era la que se creyó las definía, fue tal que no se lamentó la pérdida de la histórica.

En España la puesta en valor y la conservación del patrimonio tecnológico, observado eminentemente desde dicha funcionalidad práctica, fue lenta. Hasta los años setenta del siglo XX no podemos decir que fuese un principio fuertemente arraigado. El caso del Artificio fue excepcional porque la preocupación decimonónica por la preservación patrimonial se centró en el legado histórico (entendido éste desde un punto de vista tradicional) y artístico. Y lo fue porque el Artificio era una obra única en el panorama tecnológico español, al menos en cuanto a su fama se refiere. Desde su creación había despertado una admiración incomparable que había llegado a recogerse en destacadas fuentes literarias e historiográficas, logrando mantener viva su memoria todavía mucho tiempo después de que dejase de funcionar. Además, pertenecía a una época considerada gloriosa para el país, una suerte de siglo de oro, y se ubicaba en una ciudad de profundos significados históricos y simbólicos. De ahí que las proclamas para su conservación como legado técnico fuesen más una excepción que una norma en el panorama español de mediados del siglo XIX. No obstante, nuestras últimas líneas han revelado que la idea de patrimonio científico-técnico existía, aunque ni el concepto ni la excepcionalidad del monumento consiguiesen evitar que los restos del Artificio, un día de principios de 1868, volasen por los aires.

La conservación del patrimonio de la ingeniería civil también tuvo una lenta implantación. La antigüedad y monumentalidad de alguna de sus obras hicieron que, desde fechas tempranas, ciertos puentes y acueductos se protegiesen e incluso se restaurasen con criterios historicistas. Pero paralelamente se sucedieron destrucciones y violentas adaptaciones a los usos modernos por su consideración de meros artefactos útiles. En ciertos casos se generó una interesante documentación (prácticamente inédita y que la Fundación se encuentra en estos momentos recopilando) que revela que en el siglo XIX y primeras décadas del XX surgió una preocupación y se inició un debate en torno al legado ingenieril y técnico. Debate que sigue necesitado de ideas, estudios y recursos, de instituciones implicadas en ello y que desarrollen la consideración de que las obras de ingeniería y tecnológicas son, también y en su acepción más elevada, cultura. En una de las últimas publicaciones de la Fundación Juanelo Turriano, a cargo de Inmaculada Aguilar, se expone con solidez cómo ya los ingenieros del siglo XIX tuvieron una amplia visión de su disciplina, ahondando en su historia y marcando unos caminos que, a principios del siglo XXI, siguen teniendo sentido pleno para hacer del legado de la ingeniería y la técnica un elemento activo de desarrollo y enriquecedor de la sociedad.

Revista de Occidente



JOSE A. GARCIA-DIEGO

**EL ARTIFICIO DE JUANELO TURRIANO EN TOLEDO:
UNA RECONSTRUCCION FRUSTRADA**

Separata del artículo publicado en el núm. 64,
de septiembre 1986

El artificio de Juanelo Turriano en Toledo: una reconstrucción frustrada

José Antonio García-Diego Ortiz

Esta obra de mecánica hidráulica no tuvo, en su época, igual en el mundo. Proyectada y construida por uno de los más grandes ingenieros del siglo XVI, cumplió perfectamente la función prevista. Pero llevó a su autor a la ruina.

Con el paso del tiempo el mecanismo se convirtió en un misterio que sólo hace pocos años pudo ser elucidado, correspondiendo en ello el mérito principal a Ladislao Reti. Este hombre notable, que me honraba con su afecto, tuvo que interrumpir el estudio al encargársele la edición crítica de los códices de Leonardo redescubiertos en la Biblioteca Nacional. A partir de ese momento fui yo quien continué su labor.

En tiempos recientes, el Estado español decidió dos veces la reconstrucción parcial del ingenio. En ello intervine de modo muy importante; con tal entusiasmo que el ver la obra llevada a término se convirtió en uno de mis grandes intereses vitales. Pero, como se verá, no tuve éxito.

* * *

De remoto origen, Toledo era ya en el Imperio romano una ciudad relativamente importante, que contaba con un

abastecimiento de aguas perfectamente adecuado a sus necesidades y notable como obra de ingeniería: presa de embalse, canal abierto con torres para el cambio de niveles, cruce del río Tajo resuelto por medio de un gran acueducto-sifón y, finalmente, depósito terminal dentro del casco urbano. La longitud total del abastecimiento era de unos 40 kilómetros, y su planteamiento tan racional que forzosamente los dos contruidos en el presente siglo se le parecen.

En fecha incierta la presa se rompió y el resto, inútil, fue convirtiéndose en ruina o desapareciendo. No debió esto preocupar mucho a los toledanos, ya que la higiene personal y el empleo cívico del agua interesaron menos al desaparecer las bases, que podríamos llamar filosóficas, en que se asentaba la civilización romana. Hasta las mayores ciudades de Europa tardaron muchos siglos en recobrar la dotación por habitante que tuvieron en el Imperio. El depósito terminal, al olvidarse su función, tomó el nombre de Cueva de Hércules, suponiéndose que habían tenido en ella lugar los sucesos de una antigua y compleja leyenda: en otro sitio me he ocupado de esta «cueva» y de su leyenda.

En la segunda mitad del siglo XVI Toledo estaba en decadencia, aún más que el resto del país, por haber perdido la capitalidad. Luego era poco necesario un nuevo abastecimiento; salvo porque el rey quería regar los jardines del Alcázar, su palacio. Y de ello se hizo cargo su «relojero y matemático mayor», Juanelo Turriano.

Nacido en Cremona —o en una aldea próxima— hacia 1505 y de muy pobre origen, había destacado ya como ingeniero, pero especialmente por ser autor de un reloj planetario, de características extraordinarias, que Milán regaló a Carlos V. Turriano acompañó al Emperador a Bruselas y a Yuste, y en el reinado de su hijo trabajó en el Alcázar de Madrid. Cuando se dedicó a la obra de Toledo, en la que parece pensaba desde hacía bastante tiempo, era ya famoso y se sentía lleno de confianza en su capacidad como ingeniero e inventor, esperando que ésta le permitie-

ra mejorar su fortuna. Lo que habían logrado algunos de sus amigos: pocos, pues corrían malos tiempos.

La afición de Felipe II a la mecánica quizá tuvo que ver mucho con el proyecto. En cualquier caso, el acuerdo del rey y su ingeniero, tan distantes uno del otro en la escala social, tuvo terribles resultados para Juanelo. Hay que decir que es imposible saber de quién partió la idea y que, casi seguro, ambas partes actuaron de buena fe; el rey ayudó al cremonense en uno de sus peores momentos.

En 1565 Turriano firmó un contrato con representantes del rey y de la ciudad de Toledo; a los regidores de ésta se les impuso la voluntad real, algo de lo que, como veremos, se vengaron más tarde. Aunque parezca increíble —dada la carencia de medios del ingeniero— éste se comprometía por tal documento a elevar por su cuenta el agua desde el Tajo hasta el Alcázar, asegurando el suministro de un caudal mínimo importante. En contrapartida recibiría 8.000 ducados y, después, una renta de 1.900 ducados anuales, transmisibles a sus sucesores; estas cifras eran muy elevadas para la época.

Cuando, en 1569, se terminó la obra, el caudal era superior en un cincuenta por ciento al exigido. Fue éste un breve momento glorioso en la vida de Turriano. A la vez que se incrementaba su fama como ingeniero en toda Europa, se habló de construir ingenios parecidos en otras partes de Toledo.

A pesar de que la ciudad no cumplió sus compromisos Turriano, en la miseria y endeudado hasta los ojos, continuó haciendo funcionar la máquina; Kafka podría haber aprovechado esta situación para uno de sus maravillosos cuentos. Hay que decir, en descargo de los regidores de Toledo, que el agua se utilizó sólo para las necesidades del rey.

En 1575 se ideó otra solución un tanto extraña, suponiendo que no lo fuera ya bastante todo lo anterior. Como no se había pagado el primer artificio, se haría otro. Este, sufragado por la corona, quedaría en propiedad de Juanelo y, a su muerte, de sus herederos. El segundo ingenio fue

concluido, también con éxito, en 1581; pero tampoco ahora se cumplió lo prometido.

Aunque seguramente Turriano había ya perdido toda esperanza de acabar sus días con un mínimo bienestar, continuó escribiendo al rey memoriales en los que pedía justicia y expresaba su amargura y resentimiento contra los regidores de la ciudad. Al mismo tiempo, para aplacar a sus acreedores, tuvo que vender lo poco que poseía.

Por último, y en mi opinión esto debió ser lo más duro, renunció al ingenio que era legalmente suyo pero no podía mantener, poniendo así punto final a la empresa que había consumido su vida y sus ilusiones. Escribió al rey: «Y pues he ocupado la mayor parte de mi edad en servicio del Emperador, nuestro Señor, y de V.M. y por su mandado he hecho estos ingenios, no me parece justo que cosa de tanta grandeza esté en poder de otro que V.M. Y así he venido a ofrecerle también el mío, para que se sirva de entrambos... y pues V.M. ve mi edad y sabe mi necesidad y que por no haber cumplido Toledo lo que conmigo asentó, estoy tan pobre que no puedo pagar las deudas que tengo, ni cumplir con la dote de tres nietas huérfanas que he casado, ni dársela a otras dos que me quedan por remediar...». Ya sólo quería volver a Madrid con el pequeño sueldo de criado de Su Majestad; haciendo ver que escribiría sobre la práctica de sus máquinas.

De este final algo humillante le libró la muerte el 13 de junio de 1585. Uno de sus pocos amigos, Esteban de Garibay, escribió: «...fue enterrado en la iglesia del monasterio del Carmen..., siendo yo presente, no con el debido acompañamiento que merecía quien fue príncipe muy conocido en todas las cosas en que puso su clarísimo ingenio y manos. Fue alto y abultado de cuerpo, de poca conversación y mucho estudio, y de gran libertad en sus cosas: el gesto algo feroz, y la habla algo abultada, y jamás habló bien en la española; y la falta de dientes por la vejez le era aun para la suya italiana de grave impedimento».

Los ingenios —sólo bastante después se les llamó artificios— continuaron funcionando durante más de cuarenta

años. Y no dejaron de hacerlo por existir algún defecto en su proyecto o ejecución, sino por falta de cuidado del personal encargado de ellos, al que por otra parte, como entonces ocurría a casi todo el mundo, se le pagaría tarde y mal. Al final, el robo de piezas de latón aceleró la decadencia tanto de las máquinas como del pobre edificio que las abrigaba.

Los artificios fueron visitados por gente venida de los más diversos países; como dato curioso diré que un extrañísimo personaje inglés, *sir* Kenelm Digby, utilizó en uno de sus libros aquellos mecanismos para demostrar la inmortalidad del alma. Pero los españoles del Siglo de Oro son los que han dejado más testimonios escritos: daré dos ejemplos, escogidos entre muchos. Góngora, en su comedia *Las firmezas de Isabela*, escribió el siguiente diálogo:

GALEAZO.—¿Qué edificio es aquel que admira al cielo?

EMILIO.— Alcázar es Real el que señalas.

GALEAZO.— ¿Y aquél, quién es, que con osado vuelo
A la casa del Rey le pone escalas?

EMILIO.— El Tajo, que hecho Icaro, a Juanelo,
Dédalo cremonés, le pidió alas.
Y temiendo después al Sol el Tajo,
Tiende sus alas por allí debajo.

Y Quevedo, cuando pasó por la ciudad camino de la Torre de Juan Abad, le dedicó estos versos:

Vi el artificio espetera,
Pues con tantos cazos pudo
Mecer el agua Juanelo,
Como si fueran columpios:
Flamenco dicen que fue,
Y sorbedor de lo puro:
Muy mal con el agua estaba
Que en tal trabajo la puso.

Versos en los que coexiste una broma tosca —flamenco, borracho— con dos agudas referencias al mecanismo a las que después me referiré.

Veamos ahora qué características básicas tenía la maquinaria del ingenio. En el pasado siglo se hicieron varias hipótesis erróneas al respecto; pero ahora conocemos incluso las dimensiones de la mayoría de las piezas.

El proyecto de la primera elevación no era especialmente notable. El agua se tomaba del río por medio de una rueda hidráulica que movía una cadena de arcaduces; éstos vertían sobre un acueducto con planta en ángulo recto, las ruinas de cuyos arcos se conservaron hasta la segunda parte del siglo XIX. Incluso pudimos localizar una fotografía y, partiendo de ella, encontrar sus dimensiones exactas.

Lo original era la segunda fase, de la que todo ha desaparecido. Con otra rueda hidráulica como motor, se hacía funcionar una combinación de armaduras con movimiento de vaivén y torres de cazos solidarios de un tubo; al oscilar, cada uno de estos cazos vertía sobre el siguiente. Así se elevaba y transportaba el líquido procedente de la primera fase. Los cazos evitaban el tener que recurrir a bombas, que entonces no eran capaces de una elevación tan grande. Seguramente se instalaron en dos intentos fallidos anteriores al de Turriano y de los que no sabemos mucho.

Las armaduras móviles se utilizaban ya en las minas germánicas; quizá de allí las tomó nuestro ingeniero. Pero lo más probable es que se diese aquí un caso de invención múltiple, fenómeno cuya importancia en la historia de la tecnología sólo ahora empezamos a descubrir. De los recipientes con movimiento alternativo, únicamente hay noticias en época bastante posterior: parece que se trata de variantes de la máquina de toledo. Podemos pues considerarlos como invento de Turriano.

Volviendo a Quevedo, la serie de cazos recordaría, en definición ingeniosa, a una espetera. Y una gota de agua, desde el Tajo al Alcázar, recorría un trayecto complicadísimo.

Aunque notable resultase la combinación de mecanismos, lo más insólito eran las dimensiones del conjunto. El agua debía salvar desde el río un desnivel de 90 metros, con

un recorrido del orden de 300, ajustándose al terreno unas veces en alzado y otras, aunque menos, en planta. Hay que tener en cuenta que la situación de Toledo, sobre una alta roca, rodeado la mayor parte de su perímetro por un río caudaloso, es lo que le dio su importancia estratégica, aunque ello no impidió que fuese tomada por las armas, la primera vez en el siglo XI y la última en el XX.

Nada parecido se había hecho hasta entonces en el mundo. Antes de que se construyera el ingenio de Turriano, el abastecimiento de mayor altura era el de Augsburgo; una torre de menos de 40 metros con siete pisos y que, según la descripción de Cardan, utilizaba tornillos de Arquímedes.

* * *

En el año 1969 yo dirigía una pequeña compañía, por mí fundada, que tenía una sección de proyectos de ingeniería. Uno de nuestros clientes era el Ministerio de Obras Públicas: desde algunos años antes se había generalizado la práctica de que los ingenieros del Ministerio conservaran, desde luego, el control y la aprobación de los estudios, pero se encargara su ejecución a la compañía consultora privada ganadora de un concurso público.

Había ya comenzado a dedicar una parte de mi tiempo, que ha ido creciendo a lo largo de los años, al estudio de la historia de la tecnología, que por cierto me había interesado desde el comienzo de mis estudios de ingeniería civil. Por esta razón me sentí entusiasmado al leer, como hacía todos los días, el Boletín Oficial del Estado y encontrar en él un anuncio donde, junto a la restauración de algunas antiguas estructuras de interés tecnológico en Toledo, se sacaba a concurso «la reconstrucción parcial del artificio de Juanelo», tan famoso y, a la vez, tan misterioso.

Ya sólo quedaba obtener el encargo. Lo que no fue difícil, pues hice una oferta tan baja que era seguro produciría pérdidas; por cierto que tuve la unánime aprobación de mis accionistas, que no quisieron, seguramente, estropear mi alegría.

De acuerdo con el Ministerio se fijaron las condiciones siguientes:

1. La maquinaria se reproduciría a escala natural, aunque no, desde luego, hasta el Alcázar, pues existen edificios modernos en la traza y, por otra parte, el coste hubiera sido prohibitivo. La forma de cada pieza sería determinada a partir de datos obtenidos a través de la investigación histórica; donde no los hubiera, se pondría buen cuidado en evitar anacronismos. La reconstrucción incluiría la primera elevación completa y, de la segunda, un tramo bastante más que suficiente para que los visitantes pudieran comprender su funcionamiento. Finalmente, el agua elevada debía alimentar una fuente decorativa, con un busto de Turriano y una inscripción de la época.

También habría un desagüe para proteger ambas ruedas hidráulicas de las crecidas. Y, de acuerdo con el texto de un famoso historiador contemporáneo amigo de Turriano, un puente de madera, inspirado en el famoso de Julio César, que al parecer soportaba las tuberías para cruzar una calle.

2. En cuanto a la arquitectura, se consideró debería tener la suficiente dignidad para que el edificio pudiera considerarse también como un monumento a la memoria de Juanelo Turriano. Aunque tampoco podría ser muy lujoso, recordando la pobreza de la construcción original. Logré que para ello colaborara conmigo un muy conocido arquitecto arqueólogo, el profesor Fernando Chueca.

3. Como complemento a la obra se proyectó un museo de la hidrotecnología y obras hidráulicas del Renacimiento en edificio separado y, como contraste, de estilo moderno.

En la figura 1 se representa una sección general. Y en la 2 una buena maqueta de la máquina, que puede verse en la Diputación provincial de Toledo.

En 1972 el proyecto quedó terminado con todo detalle. Mis amigos y yo nos sentimos muy felices y orgullosos de nuestra labor desinteresada; algunos consideraban —con razón, creo— que, cuando la obra estuviera terminada, sería la más importante reconstrucción tecnológica existente en cualquier país. En cuanto a los ingenieros del

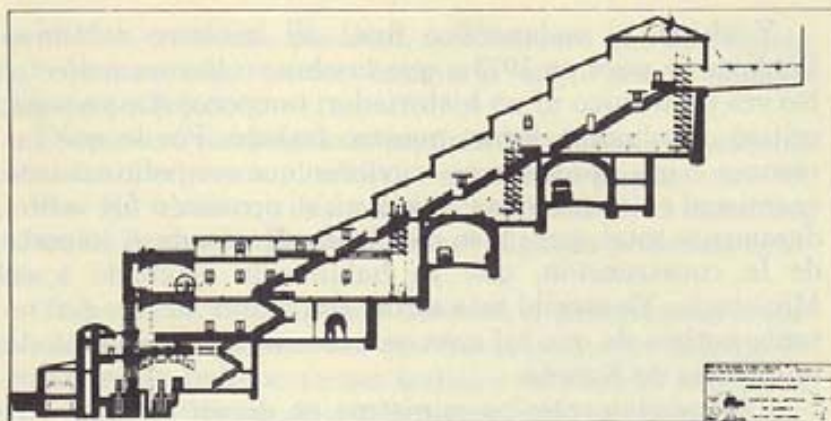


Figura 1

Ministerio de Obras Públicas, que no habían controlado únicamente nuestro trabajo, sino también sugerido cosas muy interesantes e importantes, creo que quedaron contentos de nosotros.

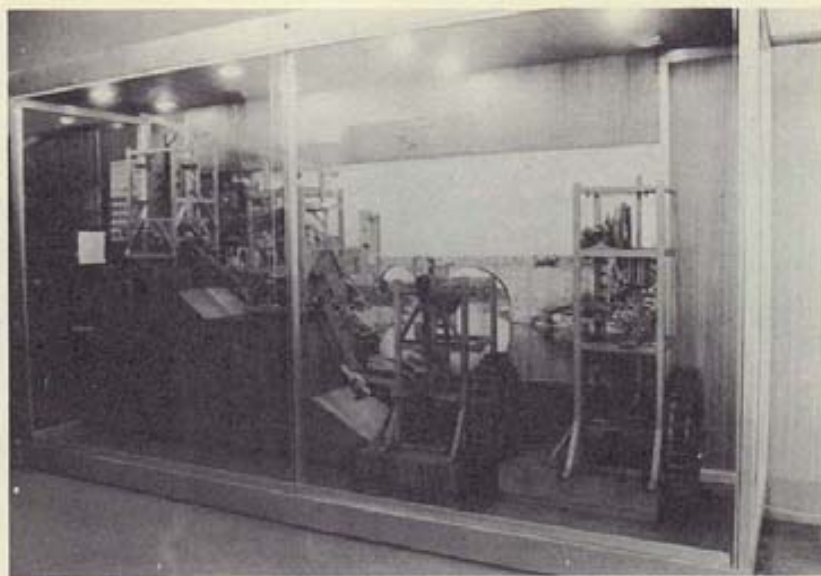


Figura 2

Y ahora, el melancólico final. El ministro de Obras Públicas se negó en 1973 a que la obra se llevara a efecto. No era un técnico ni un historiador; tampoco, que yo sepa, criticó en ninguna forma nuestro trabajo. Por lo que las razones —que desconozco— tuvieron que ser políticas o de enemistad entre personas. Según oí, su oposición fue verdaderamente total, pues hizo devolver a Hacienda el importe de la construcción, que ya había sido asignado a su Ministerio. Yo escribí más tarde, con humor negro, que no tenía noticia de que tal cosa se hubiera producido en toda la historia de España.

Afortunadamente los ministros no duran eternamente en sus cargos. El que tomó el relevo en 1974 nos encargó colaborar en un nuevo proyecto. Este tenía con el anterior algunas diferencias, que, aunque no de fundamental importancia, conviene indicar.

La longitud de la segunda elevación se redujo (una torre de cazos menos), y ello por dos razones: por un lado, se vio que la carretera superior, que la atravesaba, iba a soportar



Figura 3

un tráfico creciente; por otro, se consideró que un edificio de volumen algo menor encajaría mejor en el famoso paisaje de Toledo.

Disminuyó también la superficie del museo, que además formaba cuerpo con el edificio; en cambio proyectamos un jardín. En cuanto a las máquinas no sufrieron cambios, salvo los derivados de perfeccionar algunos pequeños detalles.

Todos estos cambios nos llevaron a modificar el tratamiento arquitectónico, del que fue responsable Alfredo R. Orgaz, autor de importantes trabajos en España y fuera de ella. En las figuras 3 y 4 presento dos perspectivas del proyecto.

Yo y mis amigos nos disponíamos de nuevo a ver construido lo que habíamos ideado. Hasta festejamos alegremente el final del estudio y recibimos la noticia —que no sé si se confirmó— de que la televisión francesa enviaría un equipo a la inauguración. Nosotros pusimos la



Figura 4

condición de que, este día, en vez de agua se elevara vino, para que los toledanos pudieran beberlo gratis.

El final de este artículo coincide con el abandono de mis esperanzas de ver reconstruida la extraordinaria máquina.

No hubo más suspensiones violentas: la democracia había traído usos más corteses. En 1977 se hicieron algunos nuevos intentos, que tampoco tuvieron éxito, de reavivar el asunto. Entre 1981 y 1983 se trató otra vez de ello en el Ministerio, actualizándose los precios. Incluso volvieron a dirigirse a mí, preguntándome si podría ocuparme de colaborar en el control de la construcción y en qué condiciones: contesté que cobraría los gastos estrictos, exceptuando el trabajo mío y de algunos de mis colaboradores, que sería gratuito. Pero nada se hizo, aduciendo, como razón principal, la crisis económica.

Más tarde el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo empezó a interesarse en la historia de la ingeniería. Lo demuestra el haber fundado un organismo oficial (CEHO-PU) a ella dedicado que, entre otras cosas, ha publicado ya buenos libros e inaugurado la primera exposición sobre obras públicas en la América colonial. Esta y las que van a seguirla, conmemorando el quinto centenario del Descubrimiento, recorrerán diversos países americanos.

Y con éstas, en principio, buenas perspectivas, se hizo llegar al ministro Julián Campo —el anterior al actual— un informe sobre nuestro proyecto. El recomendó su construcción, pero ahora, como en tiempos de Juanelo, fueron los regidores de la ciudad quienes se opusieron. Y yo perdí ya el ánimo y me consideré definitivamente derrotado.

Este trabajo me permite dejar constancia de mis esfuerzos. Y ya sólo espero escribir con detalle, algún día, la historia de los ingenios.

J. A. G.-D. O.



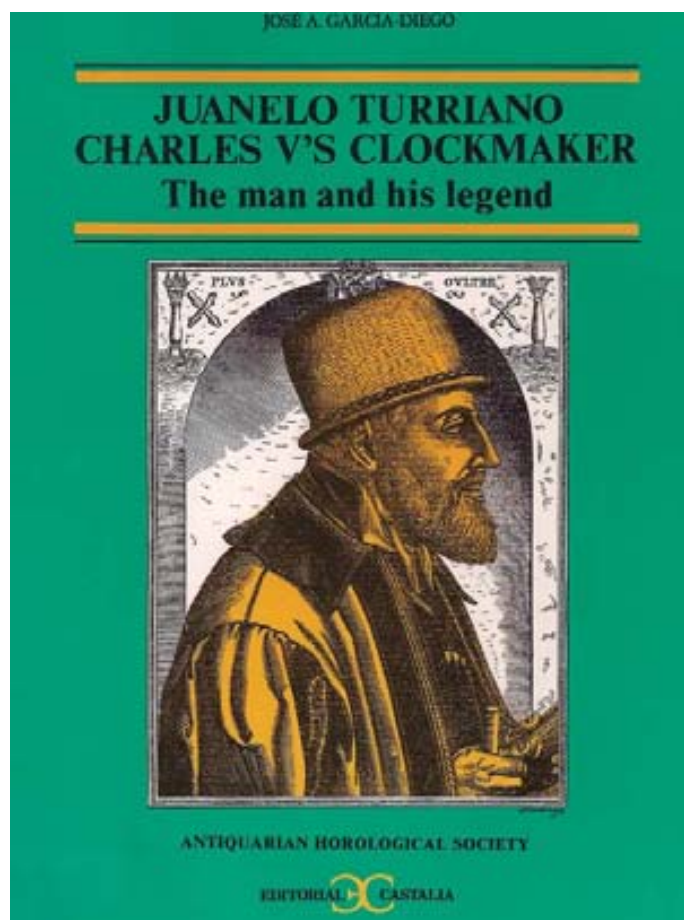
historia de la fundación

Juanelo Turriano

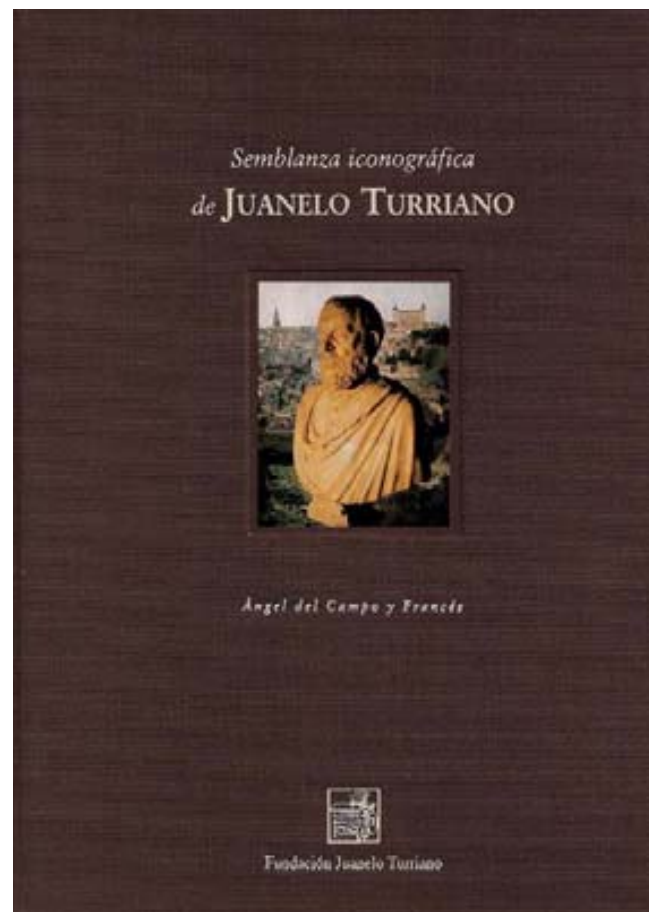
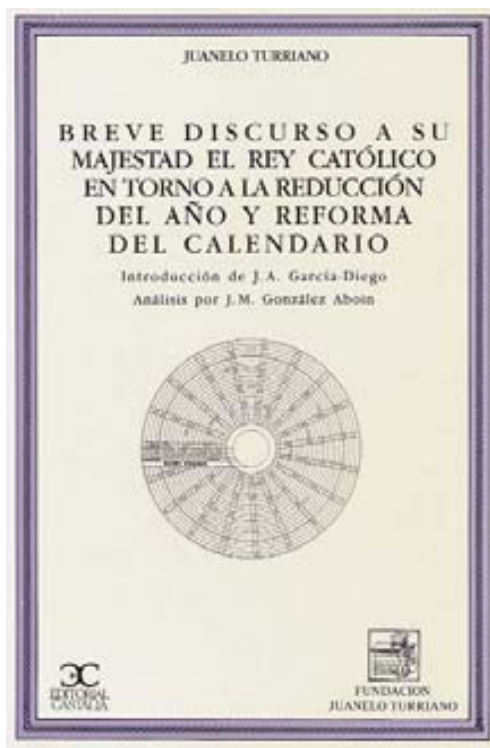
Nacido en Cremona hacia 1500, Juanelo Turriano alcanzó fama y reconocimiento por sus trabajos como ingeniero, relojero y astrónomo. Desarrolló sus primeros trabajos en uno de los principales focos científicos y culturales de la época, el norte de Italia, alcanzando gran notoriedad. Acompañó a Carlos V a Yuste y tras la muerte del Emperador entró al servicio de Felipe II, encargándose de diversas tareas ingenieriles y astronómicas.

De su periodo español destaca el Artificio, una sorprendente máquina para elevar el agua del Tajo hasta el Alcázar de Toledo. En 1585, murió en Toledo endeudado y arruinado, pero habiendo dejado tras de sí uno de los legados técnicos y científicos más notables y característicos del Renacimiento.





Las investigaciones de José Antonio García-Diego sobre Juanelo Turriano se plasmaron en este libro, publicado en 1982 en español y 1986 en inglés, anterior por tanto a la creación de la Fundación. Esta biografía no recoge la última etapa de la vida y obra del cremonense, lo que se proyectaba hacer en un libro posterior, titulado *El relojero y el río*, pero que García-Diego ya no pudo concluir.



Aunque los estatutos de la Fundación no lo contemplen de forma expresa, la promoción y difusión de los trabajos de investigación sobre Juanelo Turriano han sido siempre un objetivo prioritario de las actividades fundacionales, como muestran estos libros que recogen diversos aspectos de la biografía y trabajos del ingeniero lombardo.



Pedro Laín Entralgo, presidente de la Comisión Asesora, interviene en el acto de presentación del libro *Breve Discurso a su Majestad el Rey Católico en torno a la reducción del año y reforma del calendario*, que tuvo lugar en el Instituto Italiano de Cultura en 1990. A su lado, José Antonio García-Diego y Antonio Rumeu de Armas, vicepresidente de la Comisión.



Con motivo de la exposición **Felipe II. Los ingenios y las máquinas**, se realizó una reproducción del busto de Juanelo que se custodia en el Museo de Santa Cruz de Toledo, reproducción que actualmente preside el vestíbulo de la sede de la Fundación.



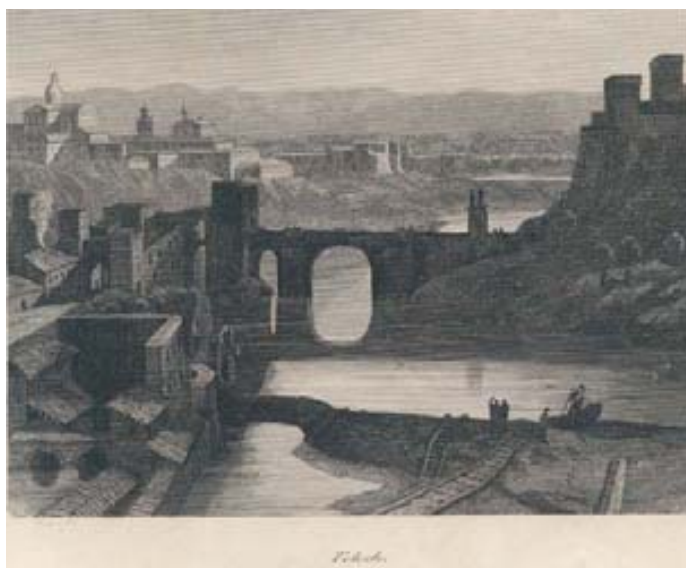
El Artificio de Toledo

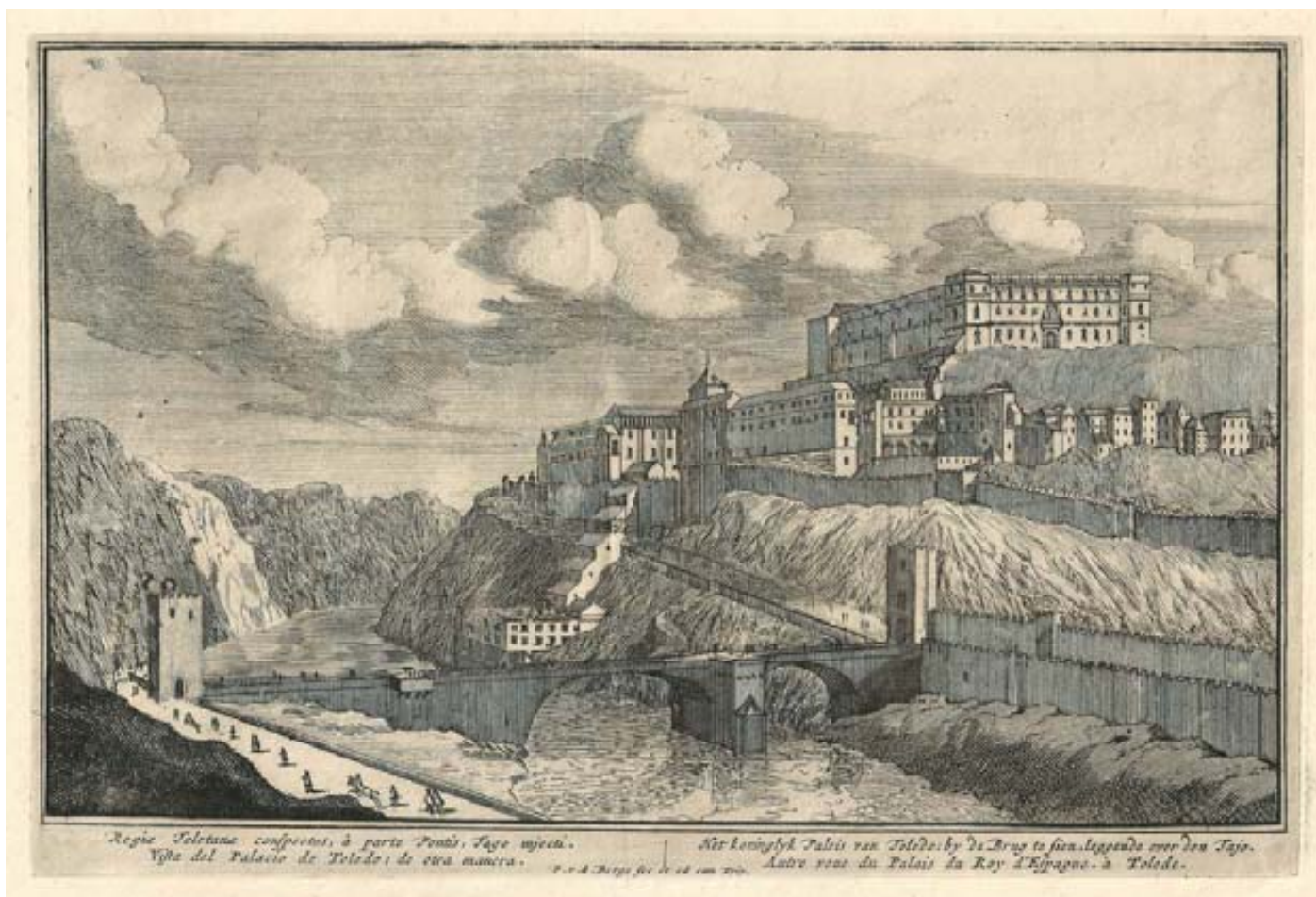
Pocas obras de ingeniería han alcanzado la fama del Artificio de Juanelo. El primer Ingenio entró en servicio en 1569 y un segundo en 1581, con la intención de llevar el agua del Tajo hasta el Alcázar de Toledo. Juanelo tuvo que superar un desnivel de casi cien metros, una extraordinaria distancia para la época. Admirado por todos aquellos que tuvieron ocasión de verlo, el Artificio fue citado por numerosos escritores y eruditos. La complejidad del Ingenio hizo que rápidamente se abandonase y a principios del siglo XVII dejó de funcionar. En 1868 se volaron sus últimos restos.

La Fundación posee abundante obra gráfica relativa al Artificio, aunque las imágenes, no siempre de gran rigor documental, muestran la obra civil pero nunca la maquinaria, cuya exacta configuración sigue siendo un enigma.

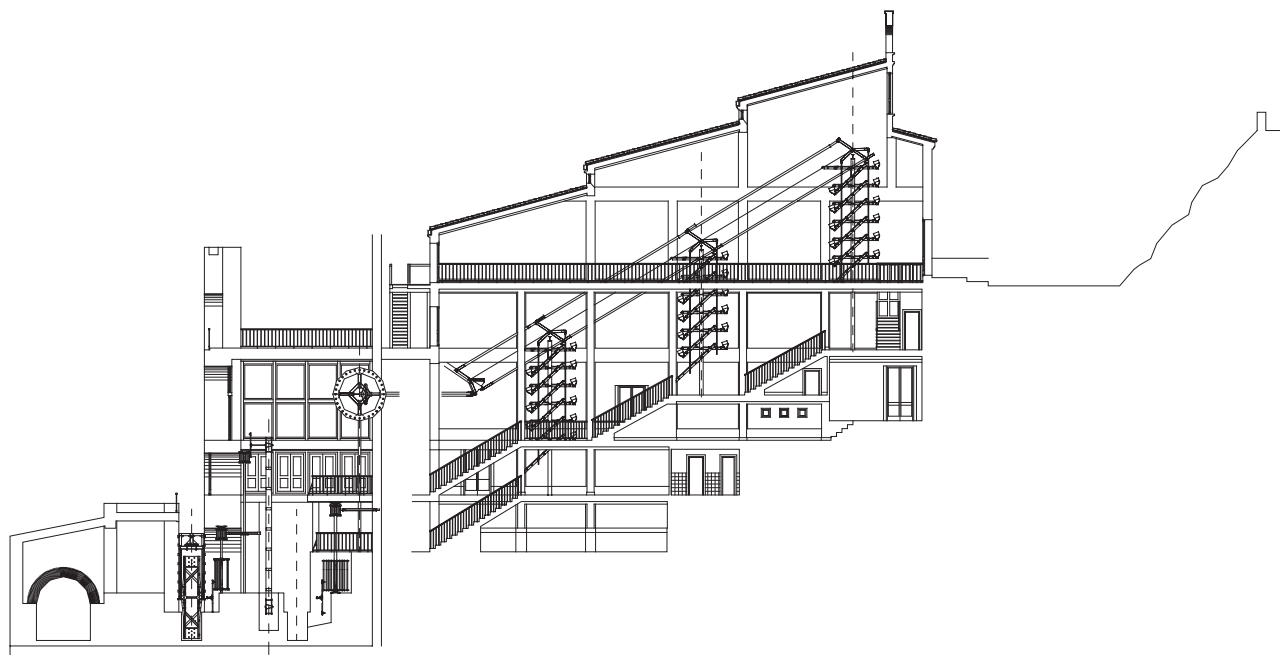


Óleo sobre cartón, de autor anónimo, en el que se representan las ruinas del Artificio de Juanelo poco antes de su voladura en 1868. Adquirido en 2011.





Una de las imágenes más conocidas de los edificios que albergaban el Artificio es este grabado fechado hacia 1650. Puede verse la sucesión de cuerpos escalonados con cubiertas a un agua que ascienden hasta encontrar el Alcázar junto a una de sus torres.



En 1998 la Fundación actualizó los antiguos trabajos de reconstrucción parcial del Artificio, redactándose los proyectos de ejecución de edificio y maquinaria, pero como en los intentos anteriores tampoco en este caso pudieron ejecutarse las obras. En esta sección pueden verse las torres de cucharones oscilantes, diseño elaborado a partir de la solución propuesta por Ladislao Reti.



Maqueta del Artificio que se custodia en la Diputación de Toledo, realizada por José Luis Peces Ventas siguiendo las ideas de Ladislao Reti.



Además de la hipótesis de Reti ha habido otras propuestas de solución del mecanismo del Artificio, como la elaborada por el ingeniero Xavier Jufre, publicada en 2008 con la colaboración de la Fundación.



El presidente de la Fundación, [Victoriano Muñoz Cava](#), presenta la conferencia que sobre Juanelo y su Artificio pronunció [Ángel Moreno](#), doctor ingeniero del ICAI y asesor de la Fundación, en la sede del Colegio de Ingenieros Industriales de Madrid.

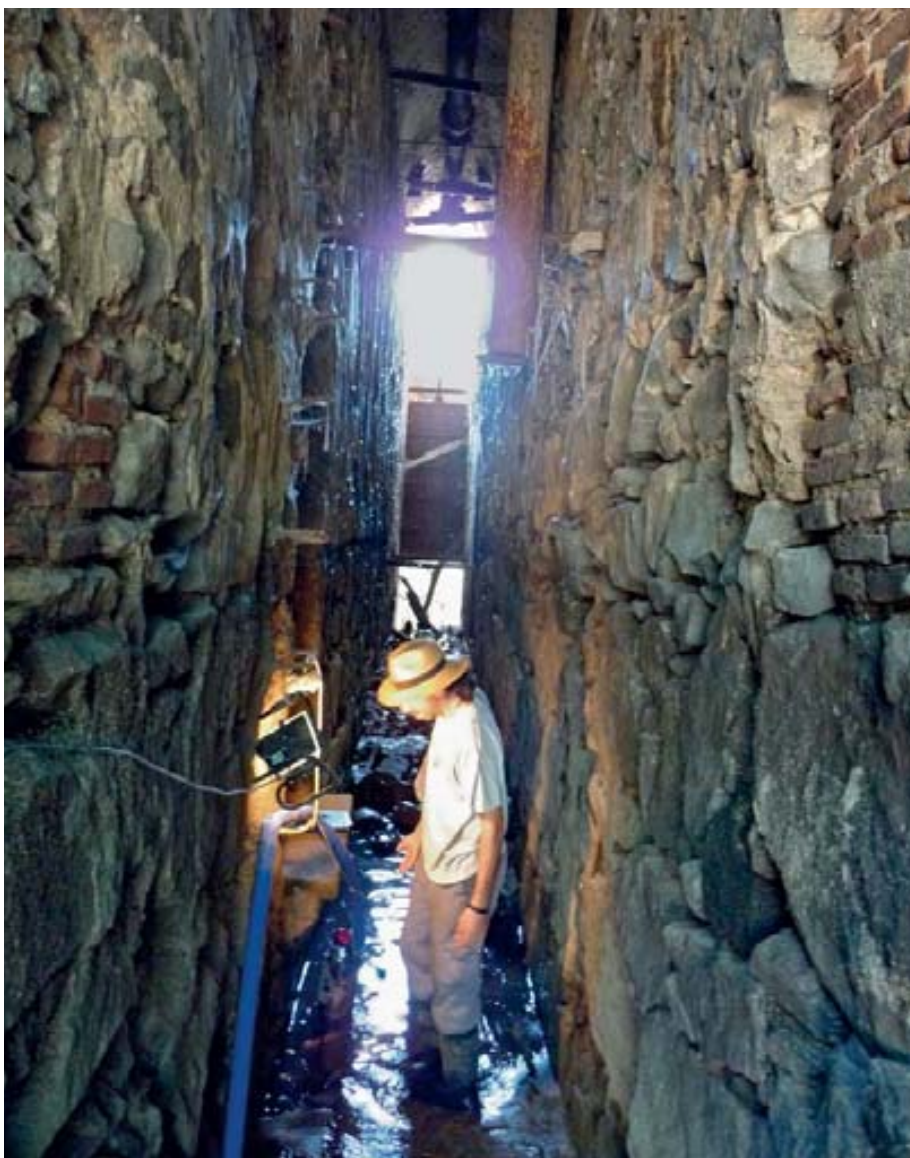
El Artificio de Toledo

En 2010-2011 la Fundación promovió la, hasta la fecha, primera excavación arqueológica del Artificio de Juanelo. Llevada a cabo por Juan Manuel Rojas y su equipo, los trabajos se centraron en la zona cercana al río, conocida como de los molinos del Artificio.

Esta prospección ha permitido conocer la relevancia del lugar para la historia del abastecimiento de agua a Toledo, las diversas instalaciones que se sucedieron desde la Edad Media hasta el siglo XX y ha aportado nuevos datos para el mejor conocimiento del Ingenio de Juanelo Turriano.

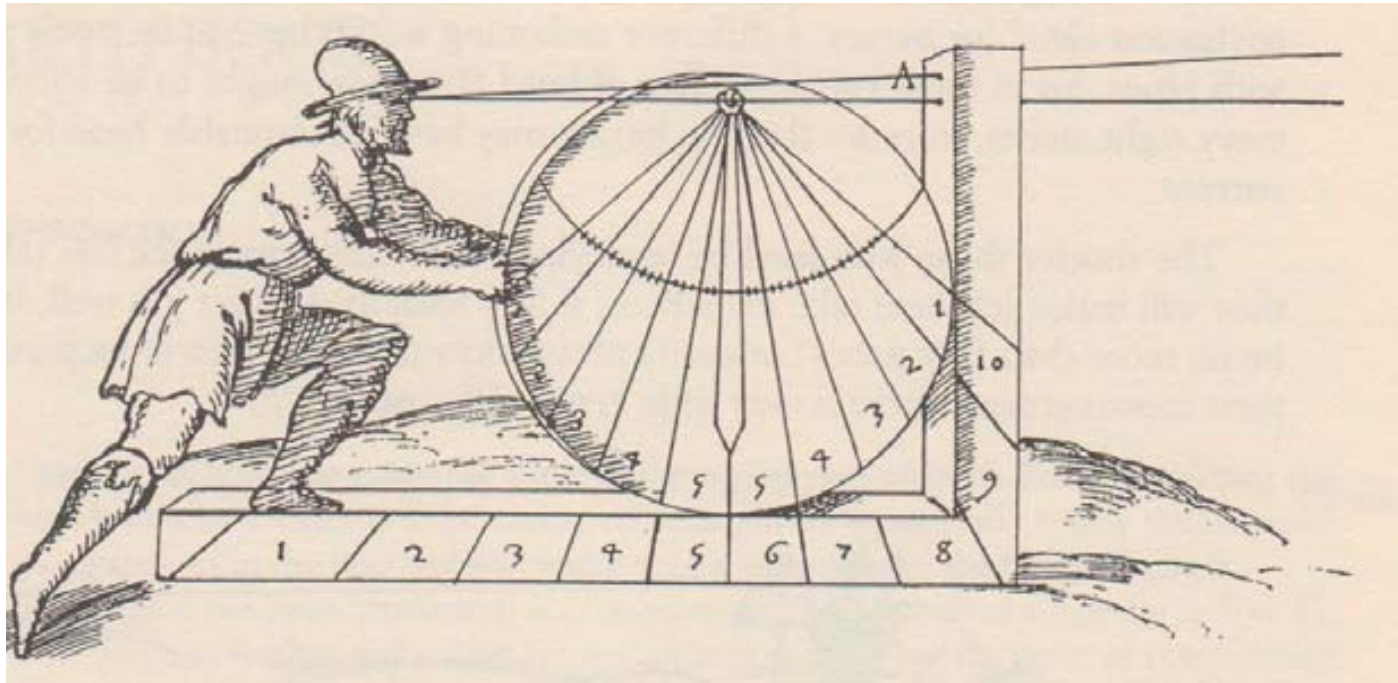


Vista de la cubierta superior de la cámara de la turbina instalada en el siglo XX, descubierta en las excavaciones en la zona del Artificio, donde se revela la permanente reutilización de este espacio para el abastecimiento de agua de Toledo.



Canal donde se alojaba la noria elevadora.

Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas



Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas de Juanelo Turriano es el título de un manuscrito custodiado en la Biblioteca Nacional de Madrid que, a pesar de su nombre, no fue escrito por Juanelo Turriano ni se compone exactamente de veintiún libros o capítulos.

Elaborado en los últimos decenios del siglo XVI, es un tratado de gran amplitud, con más de quinientas figuras, cuyo tema es el conocimiento y aprovechamiento de las aguas. Considerando al agua como el primero de los cuatro elementos, habla extensamente de abastecimientos, baños, canales, azudes, presas, molinos y máquinas hidráulicas, incluso de puentes y puertos.

El nivel científico y técnico del manuscrito ha sido materia de discusión entre los estudiosos. Se admite generalmente la calidad de la obra cuando trata de molinos y máquinas, pero se discute la que tiene en otros temas, como es el caso de los puentes. Es de lamentar que no fuese publicado, lo que indudablemente le hubiera permitido una difusión comparable a la de los más célebres tratados europeos contemporáneos.

Atribuido tradicionalmente a Juanelo Turriano, José Antonio García-Diego y Juan Antonio Frago concluyeron que el autor de *Los Veintiún Libros* era un aragonés, que Nicolás García Tapia identificó con Pedro Juan de Lastanosa. Esta hipótesis no fue aceptada por todos, dando lugar a un intenso debate. La aparición en Florencia y Barcelona de otras dos versiones del manuscrito abrió nuevas vías de investigación, aun no suficientemente exploradas.

La publicación en 1996 de la edición facsimilar de *Los Veintiún Libros* supuso la culminación de uno de los más queridos proyectos de García-Diego. Los nueve volúmenes incluyen las transcripciones en español e inglés del texto manuscrito.

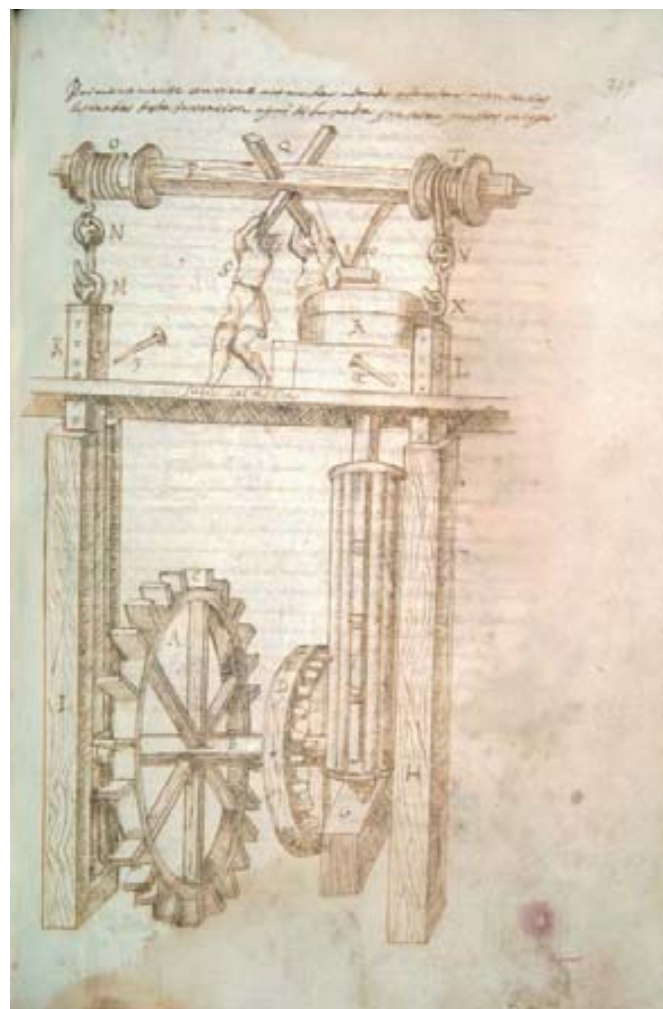
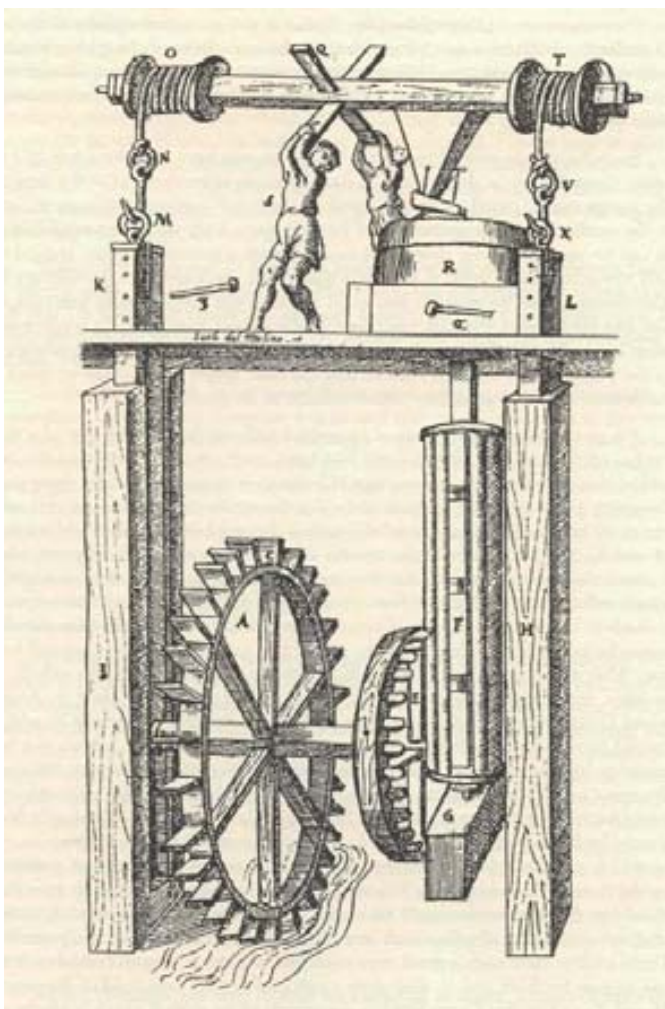


La presentación de la edición de *Los Veintiún Libros* en la Academia de Bellas Artes de San Fernando fue también motivo de homenaje a García-Diego, fallecido dos años antes. Desde la izquierda, [José Antonio Fernández Ordóñez](#), [Luis Cervera Vera](#), [Begoña García-Diego](#), [Pedro Laín Entralgo](#), [Ángel del Campo](#) y [Alex Keller](#), autor de la versión en inglés del manuscrito.





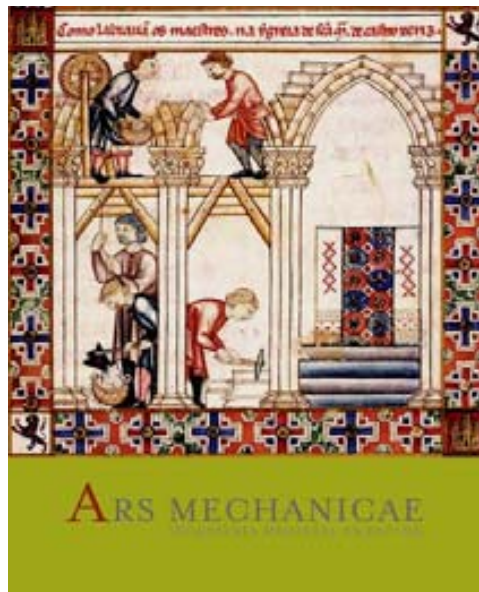
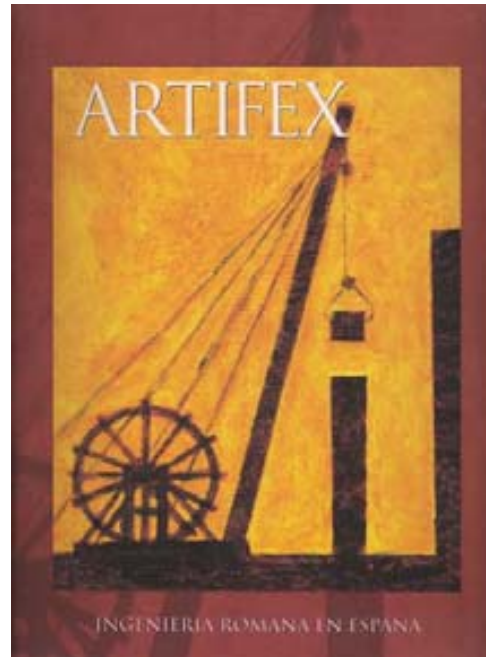
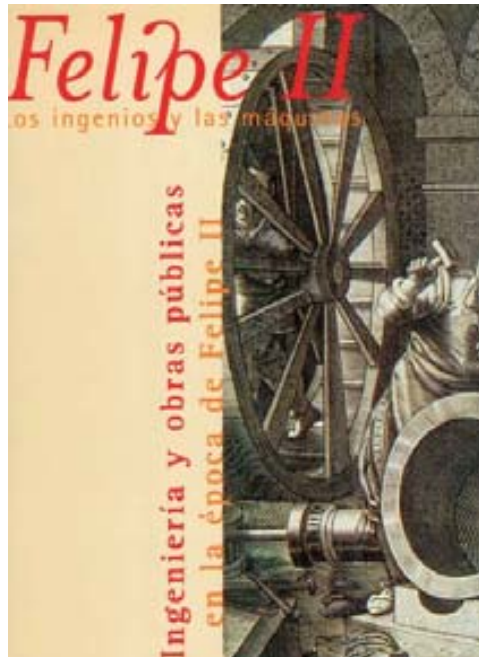
El catedrático e ingeniero de caminos [Javier Goicolea](#), vicepresidente del Patronato, y bajo cuya gestión como gerente de la Fundación se realizó la edición facsimilar, interviene en una mesa redonda celebrada en la Biblioteca Nacional en 2007, con motivo de la VII Semana de la Ciencia, cuyo tema era *Los Veintiún Libros* y su autoría. Las transcripciones inglesa y española pueden actualmente consultarse en la página web de la Fundación.



Molino de rueda vertical en el ejemplar de la Biblioteca Nacional, a la izquierda, y en el manuscrito de Barcelona, a la derecha.

El legado de la Ingeniería

La Historia de la Tecnología española, y en particular de la Ingeniería, ha constituido el tema central de las actividades de la Fundación a lo largo de sus veinticinco años de vida. Han sido trabajos de investigación y divulgación que se han difundido a través de libros, exposiciones, cursos, congresos y documentales, realizados en su mayoría en colaboración con otras instituciones.



La ingeniería de los Austrias y de las épocas romana y medieval fue recogida en tres grandes exposiciones, dirigidas por Ignacio González Tascón, comisario de las mismas, encargándose Bernardo Revuelta del diseño. Las instituciones organizadoras, a partir de los proyectos realizados por la Fundación, fueron la Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Carlos V y Felipe II, el Ministerio de Cultura y el Ministerio de Fomento, a través de CEDEX-CEHOPU.



[Ignacio González Tascón](#), asesor, patrono y luego director de la Fundación, en su despacho de la antigua sede en Prim 5. Anteriormente, como Gerente de CEHOPU, había promovido la colaboración entre ambas instituciones, lo que se materializó en varias exposiciones y libros. Falleció en 2006, cuando estaba preparando la exposición [Ars Mechanicae](#).

El legado de la Ingeniería

La Fundación ha mantenido una estrecha y fértil colaboración con el Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, CEHOPU, dependiente del CEDEX, de la que surgieron proyectos tan notables como la exposición y el consiguiente catálogo *Betancourt. Los inicios de la Ingeniería moderna en Europa*, en la que participaron también el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid y la Universidad Estatal de Vías de Comunicación de San Petersburgo.

En 2011 la Fundación y el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) firmaron un convenio para la itinerancia de varias exposiciones, que ya está permitiendo y va a permitir en un futuro su difusión en gran parte de la geografía española. Con ello se refuerza el reto de la Fundación por la puesta en valor del patrimonio de la ingeniería, no siempre suficientemente conocido por el gran público.



Vista de la exposición *Betancourt. Los inicios de la Ingeniería moderna en Europa*, en el Real Jardín Botánico de Madrid (1996)



Victoriano Muñoz Cava en la inauguración en la Casa de la Moneda de Segovia de **Artifex. Ingeniería romana en España**. Le acompañan el alcalde, **Pedro Arahetes**, a la izquierda, y **Mariano Navas**, director del CEDEX. Abajo, la alcaldesa de Logroño **Cuca Gamarra**, en la inauguración en la Casa de las Ciencias. A la derecha, una vista de la exposición en el Museo Cemento Rezola de San Sebastián.



Entre los años 2004 y 2005 la Fundación colaboró en los guiones y asesoría científica de once capítulos sobre la Ingeniería romana en España pertenecientes a la serie documental de TVE *La aventura del saber*, que se emitieron en La Dos y el Canal internacional de Televisión Española. Posteriormente se hicieron otros capítulos sobre Tecnología medieval, bajo el título de *Herencias de Hispania*, de los que se extrajeron unos cortos para la exposición *Ars Mechanicae*.

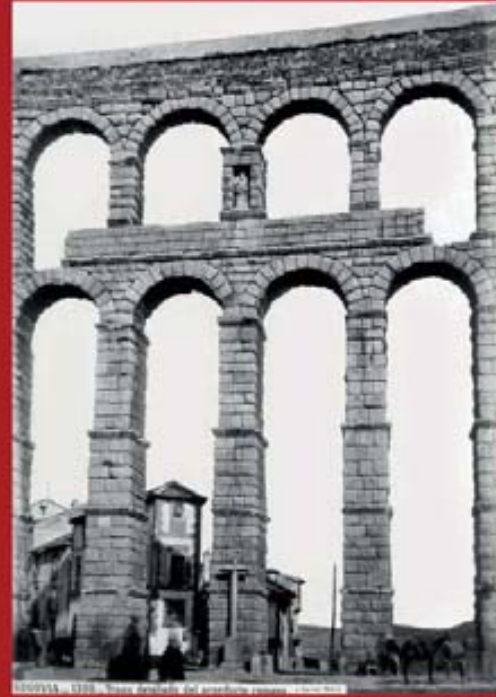


El Premio Internacional García-Diego se convoca cada dos años, dotado con 12.000 euros y destinado a premiar trabajos inéditos de investigación en el campo de la historia de la tecnología, y especialmente de la ingeniería. La presidenta de la Fundación, [Begoña García-Diego](#), con los patronos [José María Aguirre](#) y [Javier Goicolea](#), en el acto de entrega de la II edición en el año 2004.



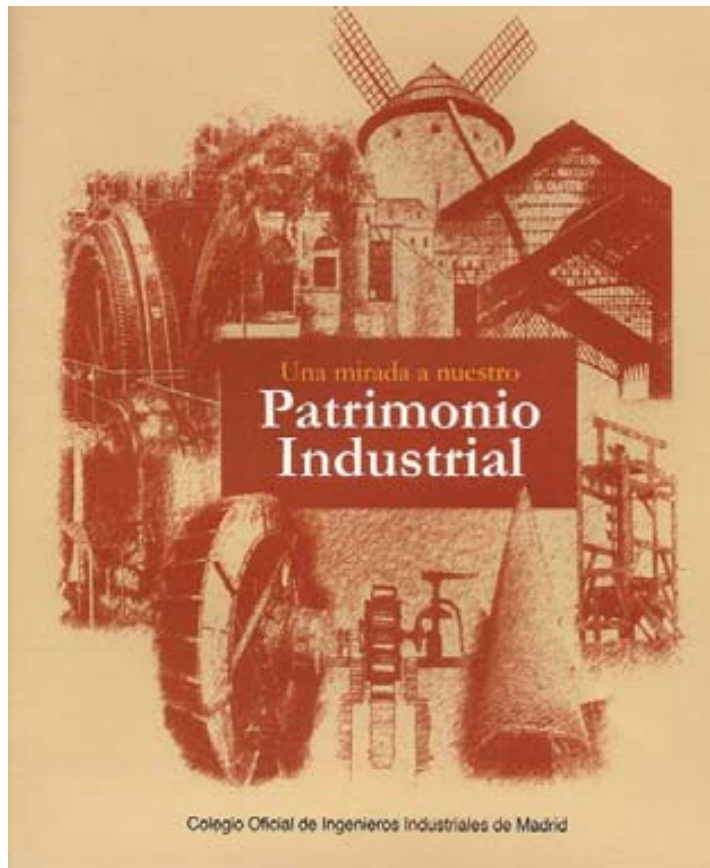
Francisco Viguera, presidente de honor de la Fundación, con Edelmiro Rúa, presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, y Victoriano Muñoz Cava, presidente de la Fundación, bajo el retrato de José María Aguirre Gonzalo, en el acto de la firma en 2009 del convenio entre ambas instituciones, cuyo objeto es la promoción de la investigación y la difusión de la historia de la ingeniería civil en España.

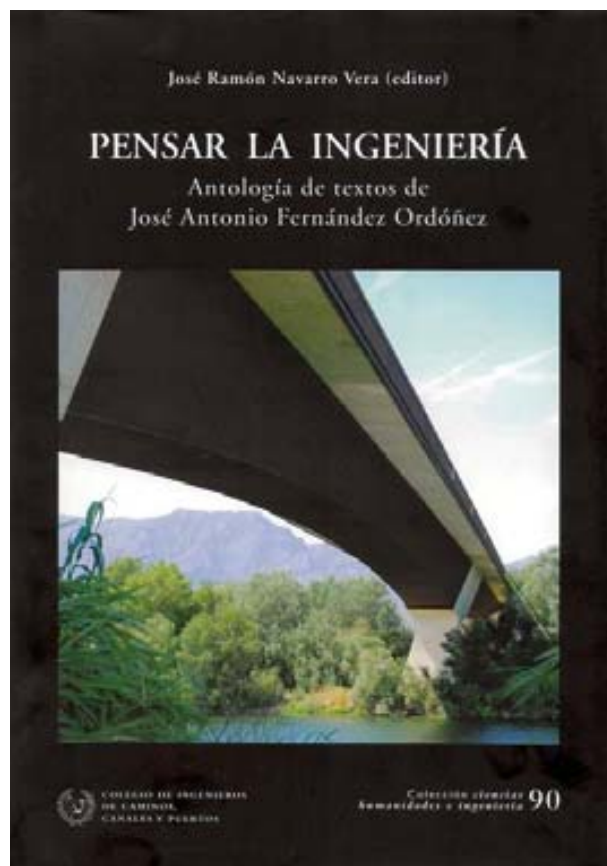
EL DISCURSO DEL INGENIERO EN EL SIGLO XIX
Aportaciones a la Historia de las Obras Públicas
Inmaculada Aguilar Civera



La actitud de los ingenieros ante su propia historia es el tema de este libro de la catedrática Inmaculada Aguilar, publicado en 2012 en coedición con la Cátedra Demetrio Ribes de la Universidad de Valencia.

Además de las publicaciones propias de la Fundación, frecuentemente se ha colaborado con otras instituciones mediante ayudas para la realización de libros cuyo contenido fuese próximo, como estos ejemplos editados respectivamente por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid y por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.





Un caso especial de colaboración fue la antología de textos de [José Antonio Fernández Ordóñez](#), editada por el ingeniero de caminos y catedrático José Ramón Navarro Vera y publicada en 2009. El ingeniero, catedrático y académico José Antonio Fernández Ordóñez fue patrono de la Fundación desde la creación de la misma hasta su fallecimiento acaecido en el año 2000.

A la derecha, [Edelmiro Rúa](#) conversa con [José María Aguirre González](#), ingeniero de caminos y patrono de la Fundación en el acto de presentación del libro, presidido por el retrato de Fernández Ordóñez.

El legado de la Ingeniería

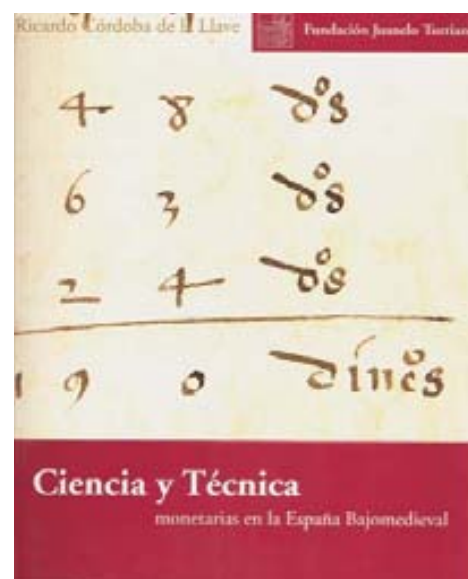
Aunque la ingeniería civil ha tenido un papel protagonista en las labores de la Fundación, otras ramas de la Ingeniería y Tecnología también han sido objeto de atención. La V edición del Premio García-Diego fue ganada por un trabajo sobre la explotación de la resina en España y su influencia en las políticas forestales.



En el centro, el autor galardonado, [Juan Luis Delgado Macías](#), junto a [José María Aguirre González](#), que presidió el Jurado del Premio, [Victoriano Muñoz Cava](#), presidente de la Fundación, [José Carlos del Álamo](#), presidente del Colegio y Asociación de Ingenieros de Montes, y [Bernardo Revuelta Pol](#), director gerente de la Fundación.



Minería y metalurgia en la exposición **Artifex**, en una vista de su montaje en el Museo de Historia Antigua de Valencia.



El historiador y catedrático Ricardo Córdoba de la Llave fue ganador *ex aequo* del III Premio García-Diego con este trabajo sobre los procedimientos y técnicas aplicadas en la acuñación de moneda en la España Bajomedieval, publicado en 2009.



Los estudios sobre la recuperación del patrimonio de la Ingeniería y Obra Pública han sido el tema de dos de los Cursos de Verano que la Fundación organiza con la Universidad de Granada desde 2005. Arriba, visita al restaurado acueducto del Águila en Nerja, en 2012, y entrega de diplomas. Abajo, alumnos y profesores del curso de 2011, impartido bajo el título **Fuentes de energía. Pasado y presente**, y visita a la central térmica de Carboneras.

Participantes del curso de verano de 2007, que se centró en la **Recuperación del patrimonio industrial y de la obra pública**.



Alicia Cámara, catedrática de Historia del Arte de la UNED, presentando al ingeniero de Caminos y profesor de la Escuela de La Coruña, **Manuel Durán**, en el curso celebrado en Segovia, bajo el título **Ingeniería romana. Que la majestad de tu Imperio cuente con el adecuado prestigio de edificios públicos**.



García-Diego mantuvo un estrecho contacto con historiadores de todo el mundo a través de su activa participación en ICOHTEC (International Committee for the History of Technology), organismo que llegó a presidir entre 1991 y 1993.

Ya por entonces la Fundación había establecido una colaboración materializada principalmente en la concesión de ayudas económicas para facilitar la asistencia a los congresos de ICOHTEC de investigadores de países del Este. Esta colaboración se mantiene a día de hoy, aunque las ayudas se orientan ahora hacia investigadores jóvenes y estudiantes de todo el mundo.

Asimismo, la Fundación colaboró con la Fundación AENA en la organización de las Jornadas de Estudios Históricos Aeronáuticos que se celebraron entre los años 1997 y 2002.





En 1988, al poco tiempo de su creación, la Fundación colaboró en la organización del Simposio de ICOHTEC que se celebró en el Museo del Ferrocarril en Madrid. En el centro de la imagen, [Mari Nieves Vázquez](#), secretaria de la Fundación y posteriormente miembro de su Patronato.

Con motivo del Congreso Internacional de Historia de la Ciencia, celebrado en Zaragoza en 1993, [García-Diego](#) recibió un homenaje de la SEHCYT, cuyo presidente, [Mariano Hormigón](#), le hace entrega de una placa. A la izquierda, [Ignacio González Tascón](#), entonces gerente de CEHOPU.



El XXIX Simposio de ICOHTEC, en el que la Fundación presentó varias comunicaciones, se celebró en 2012 en Barcelona, aunque una de las jornadas tuvo lugar en el Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya en Terrassa, donde vemos a su director [Eusebi Casanelles i Rahola](#) dirigiéndose a los congresistas.



ICOHTEC concede anualmente un premio para jóvenes investigadores cuyas tres primeras convocatorias han sido patrocinadas por la Fundación. En la foto, [Dick van Lente](#), presidente del jurado del año 2012, con [Victoriano Muñoz Cava](#) en los momentos previos a la entrega del premio en Barcelona.



Ponencia [Imagen e identidad de la ingeniería civil a principios del siglo XIX en España](#), presentada por la Fundación en el Simposio de ICOHTEC de 2012.





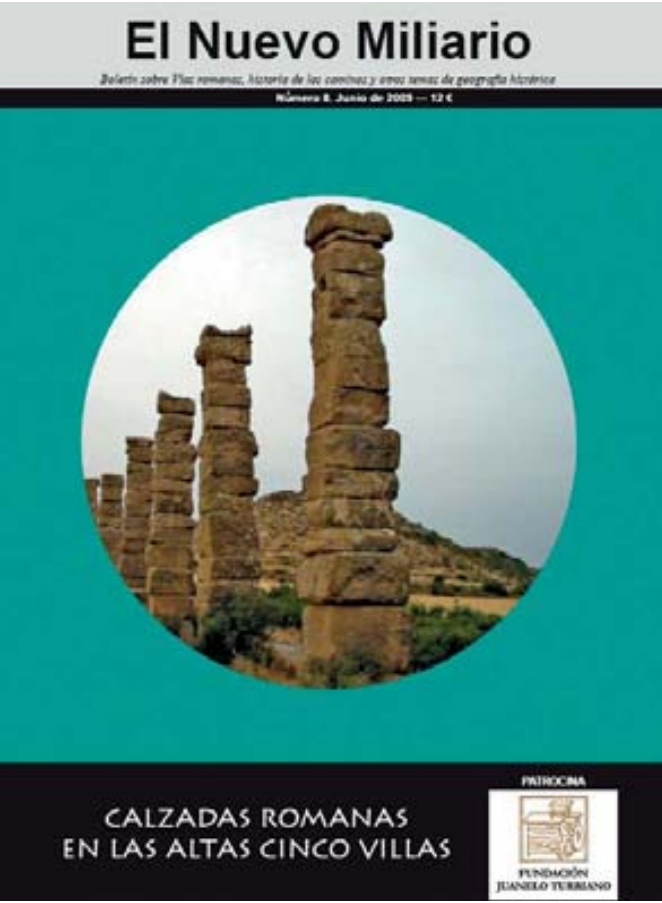
Arriba, [Ignacio González Tascón](#) y [Javier Goicolea](#) en Lieja, Bélgica, durante el Congreso de ICOHTEC de 1997. Abajo, [Javier Goicolea](#) y [Begoña García-Diego](#) en Budapest, donde asistieron al Simposio de ICOHTEC del año 1996. A la derecha, [Bernardo Revuelta](#) en Tampere, Finlandia, donde se celebró el Congreso de 2010.



Una de las más importantes colaboraciones de la Fundación con ICOHTEC fue la organización del Simposio de 2002, celebrado en Granada. Arriba, un grupo de participantes en una visita a la Alhambra. Abajo, [James Williams](#) se dirige a los miembros del Comité Ejecutivo de ICOHTEC, entre ellos [Javier Goicolea](#).

Caminos terrestres y marítimos

Las obras de ingeniería que conforman los caminos de mar y tierra, ya sean calzadas, puentes, puertos o faros han desempeñado un papel protagonista en las actividades fundacionales, especialmente en exposiciones y libros, pero también en cursos y comunicaciones en congresos o mediante actuaciones de patrocinio, como la que se lleva a cabo con la revista **El Nuevo Miliario**, dedicada a las vías romanas.



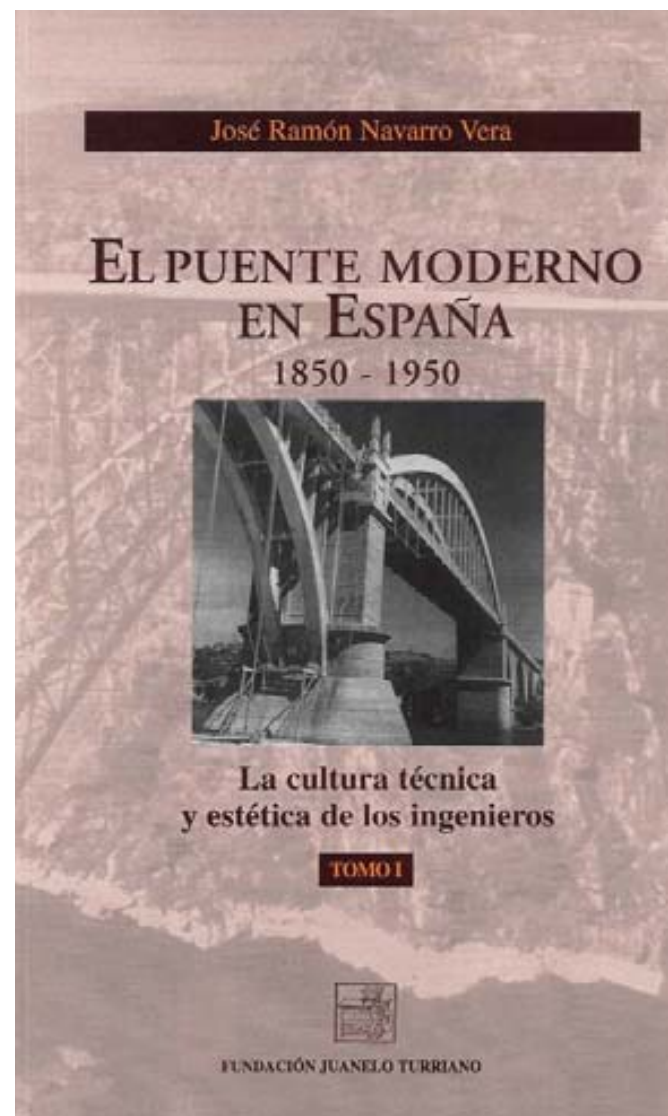
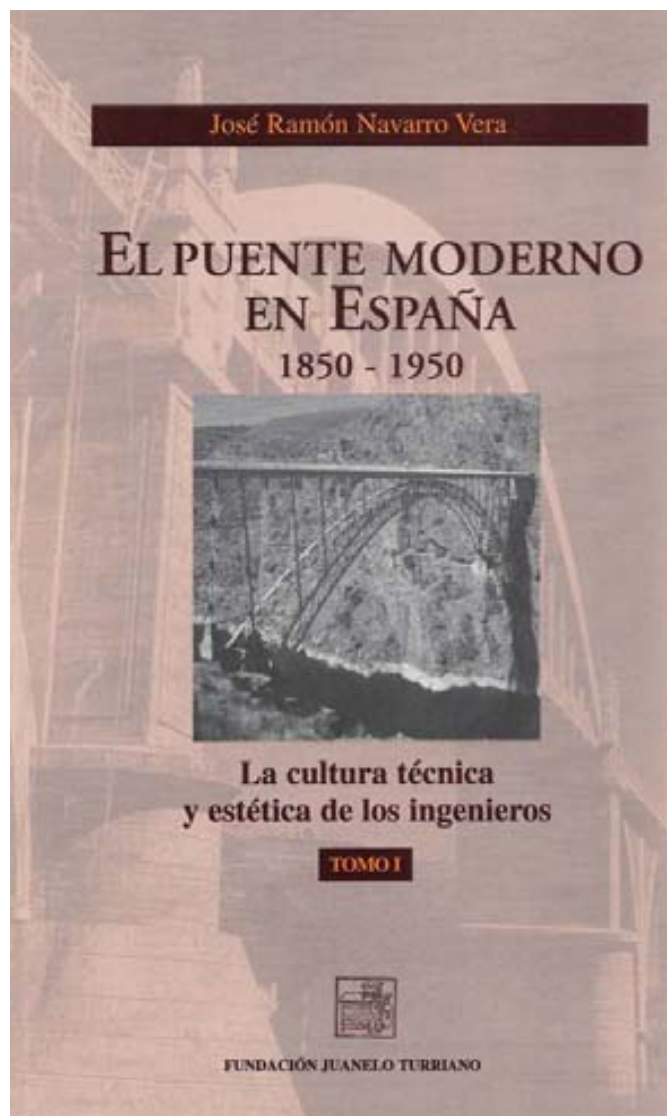


El ingeniero de caminos y asesor de la Fundación [Manuel Díaz-Marta](#) y el historiador [García Rueda](#), Jefe de Documentación de la Fundación hasta su fallecimiento en 2006, junto al puente de Ajuda en 1993, con motivo de su participación en el Simposio de Hidráulica Monástica en Arrábida, Portugal.

En 2009, como parte de unos trabajos realizados en colaboración con [Ingeniería75](#) para un proyecto de Museo del Agua en Córdoba, se diseñaron y fabricaron unos señalizadores para algunos de los principales hitos de la ingeniería ligada al río Guadalquivir a su paso por la ciudad andaluza, como éste montado frente al puente romano.



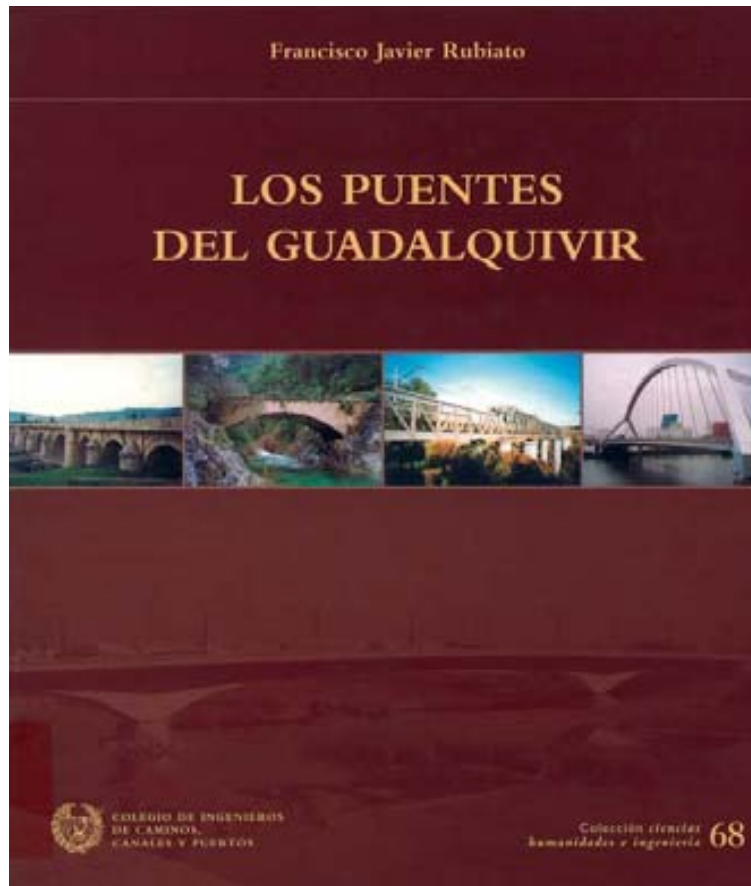
Publicado en 2001, este documentado trabajo en dos volúmenes de [José Ramón Navarro Vera](#), da una visión sistemática, cronológica y crítica de la mirada de los ingenieros civiles españoles sobre el puente, paradigma de la profesión.





Maquetas del proceso de construcción de la pila de un puente y del faro de Brigantium, Torre de Hércules, diseñadas por Bernardo Revuelta para la exposición *Artifex. Ingeniería Romana en España*.

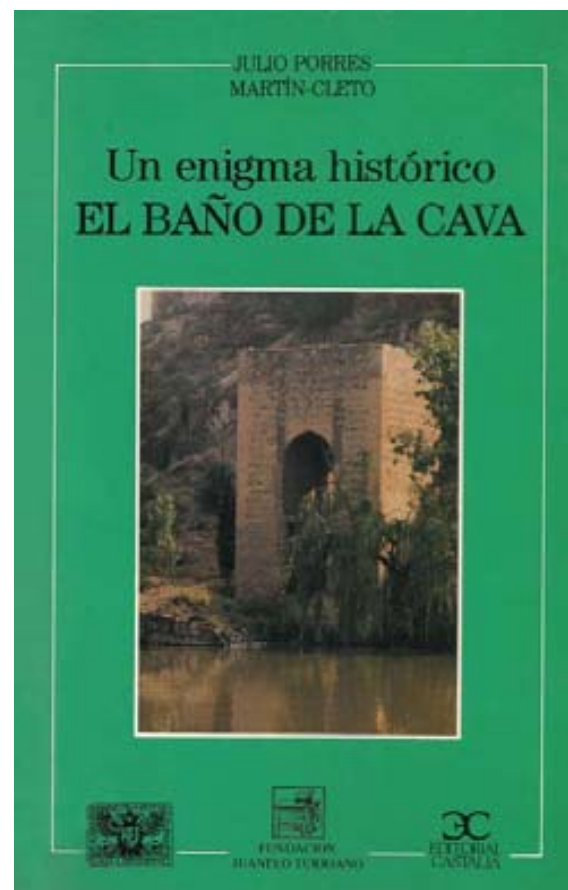




Los puentes del Guadalquivir constituyeron el tema que ganó, *ex aequo*, la primera edición del Premio García-Diego, obra escrita por el ingeniero de caminos Francisco Javier Rubiato.

El V Curso de Verano, bajo el título de *Puertos andaluces y su historia*, se celebró en Almuñécar en colaboración con la Universidad de Granada. Abajo, profesores y alumnos asistentes en una visita al embarcadero de mineral conocido como Cable Inglés, en Almería.





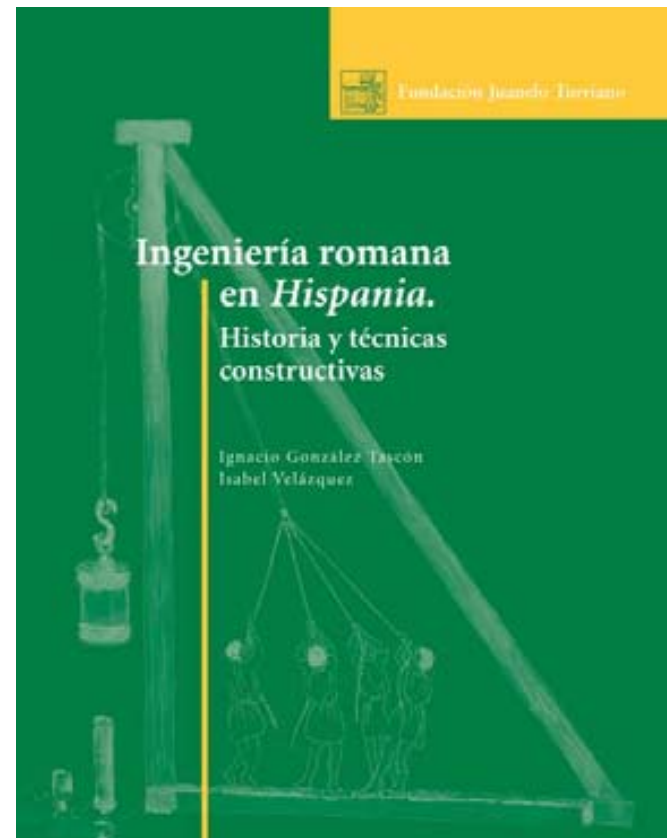
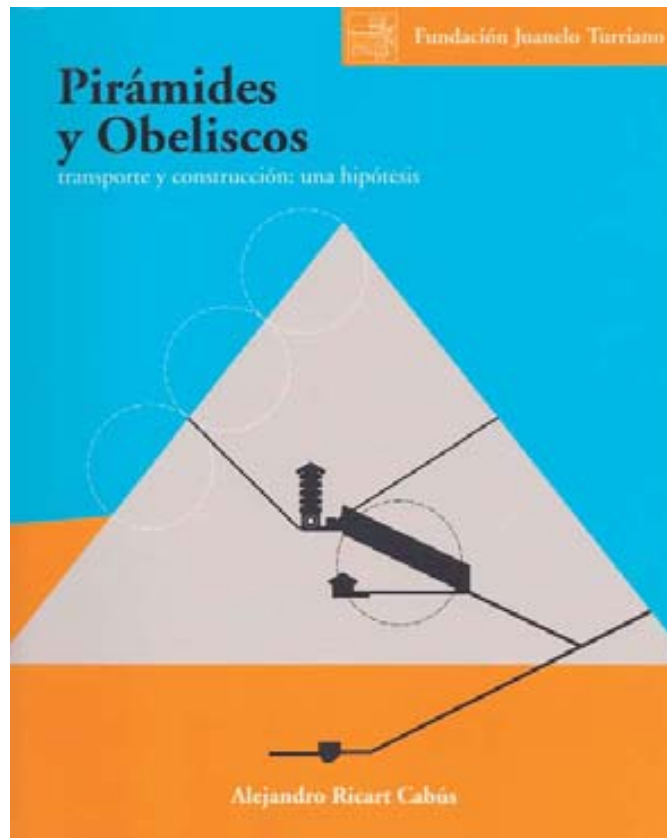
El historiador toledano [Julio Porres Martín-Cleto](#) fue un fiel y querido colaborador de la Fundación desde la creación de la misma. Además de sus aportaciones sobre Juanelo y su Artificio, escribió esta monografía sobre el puente de barcas cuyos restos son conocidos como Baño de la Cava, obra publicada en 1991. En la foto aparece junto a [Francisco Viguera](#)s e [Ignacio González Tascón](#) en una comida de la Comisión Asesora.

Construcción

La divulgación de los procesos constructivos de edificios y obras públicas, un aspecto quizás menos conocido para el público no especializado, ha merecido que se le destine un esfuerzo preeminente en las actividades de la Fundación, como puede verse en estas imágenes de las exposiciones *Artifex* y *Ars Mechanicae*.





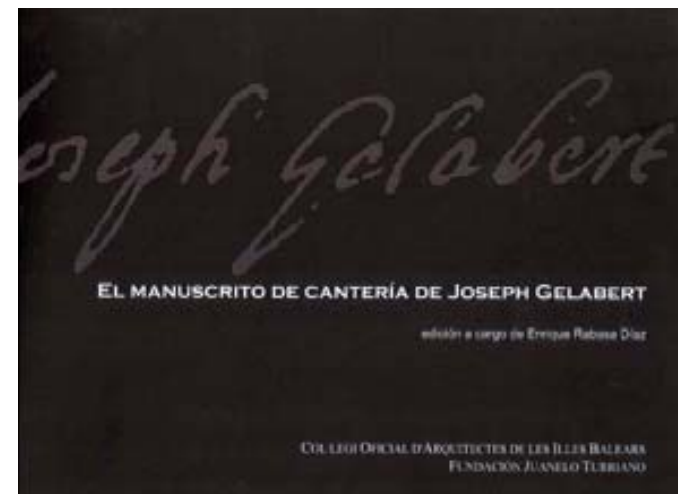


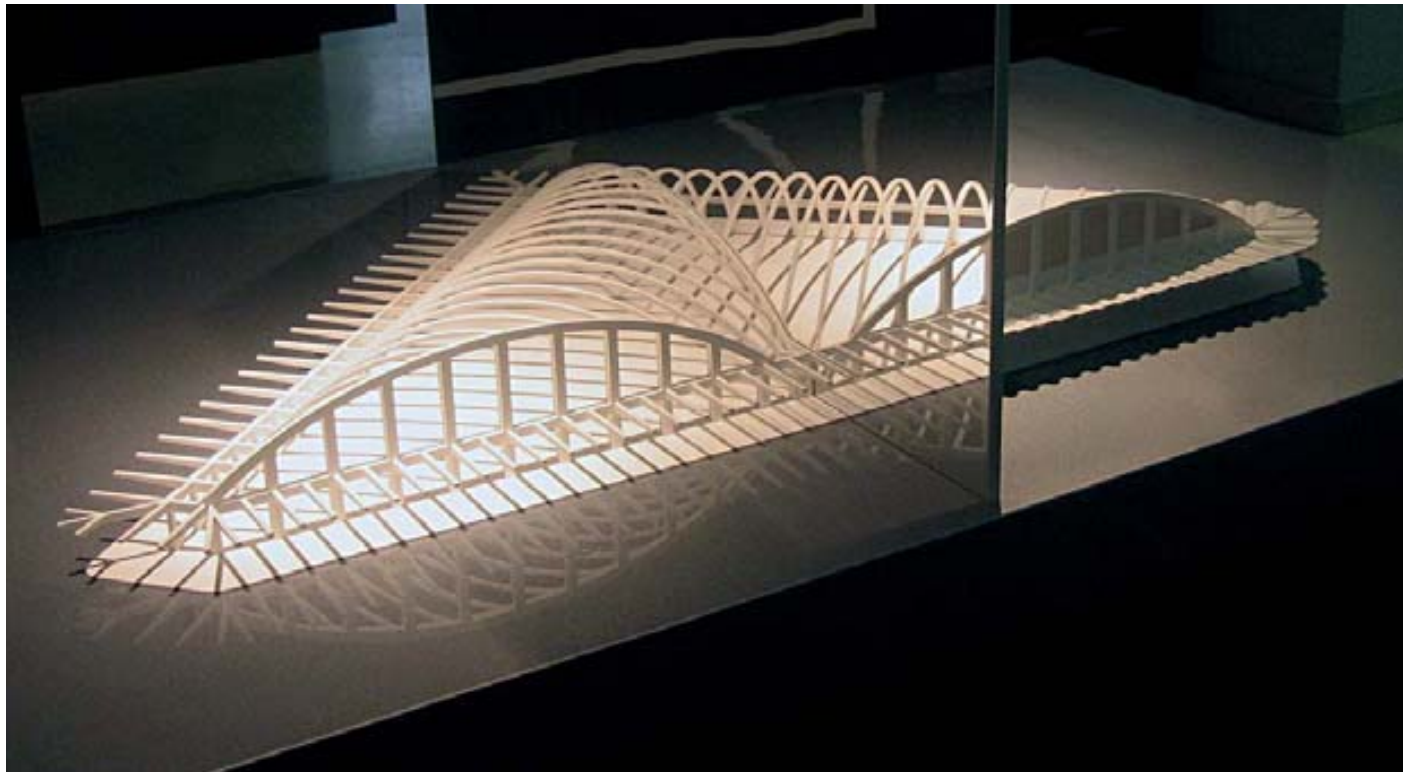
Alejandro Ricart ganó, *ex aequo*, el III Premio García-Diego con el trabajo **Pirámides y Obeliscos. Transporte y construcción: una hipótesis**, en el que se expone una argumentada teoría sobre algunos aspectos de la construcción en el antiguo Egipto, y que fue publicado por la Fundación en 2007.

Una de las publicaciones de mayor éxito de la Fundación ha sido la obra **Ingeniería romana en Hispania. Historia y técnicas constructivas** de Ignacio González Tascón, ingeniero de caminos y catedrático de Historia y Estética de la Ingeniería de la Universidad de Granada, que incluye también un glosario de términos técnicos latinos a cargo de la profesora Isabel Velázquez.



Arriba, en primer plano, modelo de bóveda de crucería realizado bajo la dirección del arquitecto y catedrático Enrique Rabasa para la exposición *Ars Mechanicae*. Enrique Rabasa Díaz es también el editor del libro *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert*, publicado en 2011 por la Fundación en coedición con el Colegio de Arquitectos de Baleares.



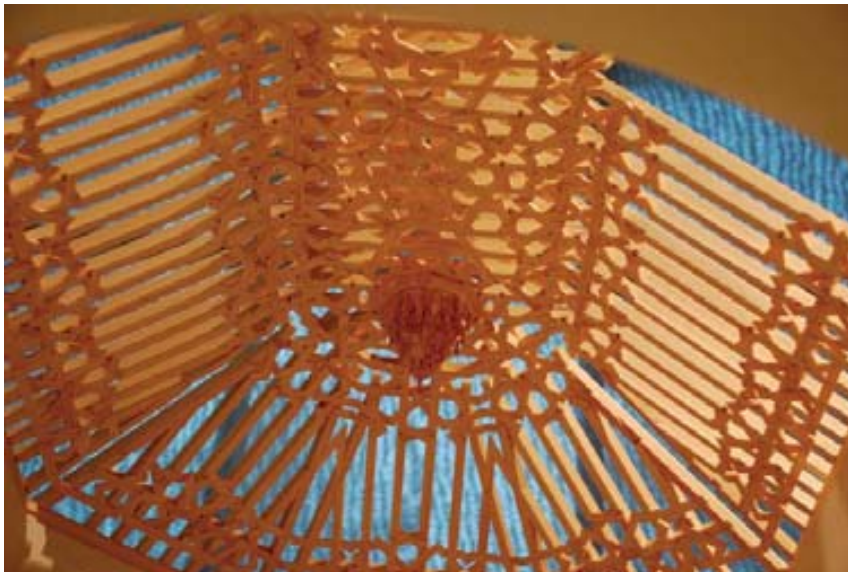


Arriba, maqueta del mercado cubierto de Pola de Siero, encargada por la Fundación para la exposición **Ildefonso Sánchez del Río. El Ingenio de un legado.**

A la izquierda, modelo de bóveda de arista con aparejo románico de encuentros contrapeados, de la exposición **Ars Mechanicae. Ingeniería medieval en España.**



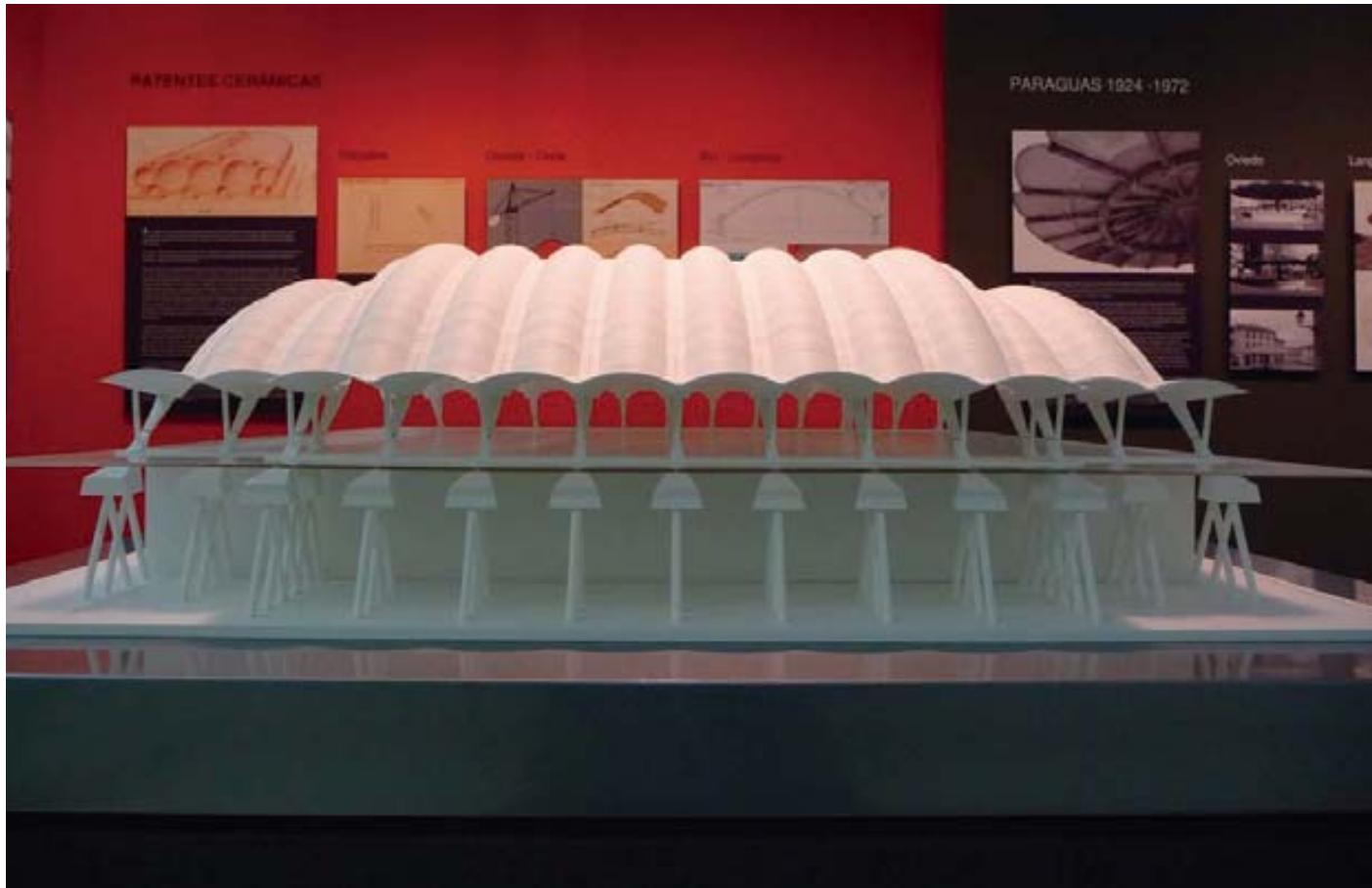
El Centro de los Oficios de León montó esta bóveda de crucería para la exposición *Ars Mechanicae. Ingeniería medieval en España*, en el Jardín Botánico de Madrid.



El arquitecto Enrique Nuere fue ganador, *ex aequo*, del I Premio García-Diego con este trabajo sobre carpintería. Profundo conocedor de esta materia, también es autor de la maqueta de la cubierta de una iglesia en construcción para la exposición *Ars Mechanicae*.



El catedrático y académico [Pedro Navascués](#), patrono de la Fundación, se hizo cargo de la comisaría de la exposición [Ars Mechanicae](#), en sustitución de Ignacio González Tascón. En la foto inferior, tres bloques representativos del proceso de labra de un capitel, expuestos en dicha exposición.

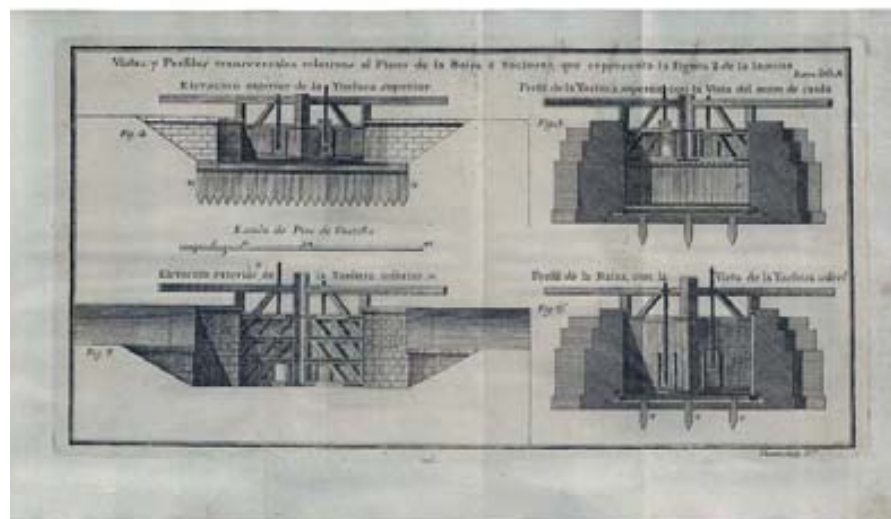
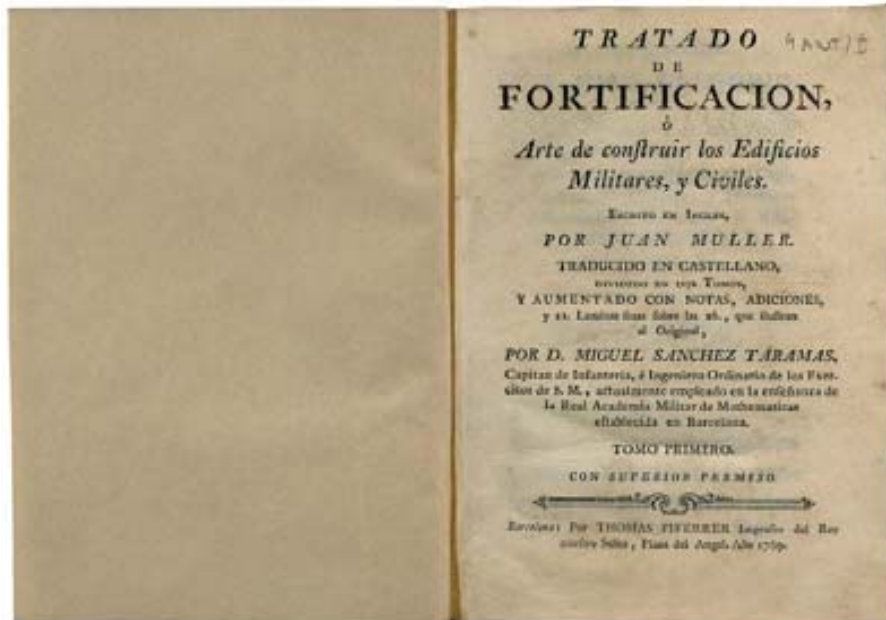


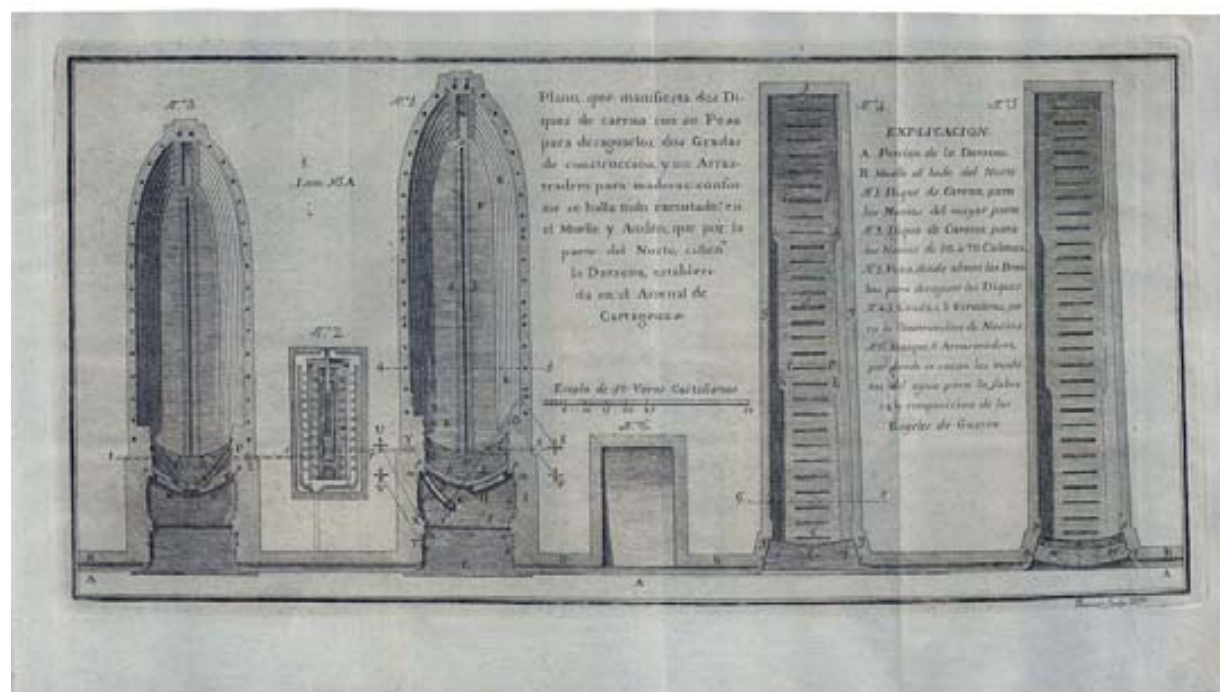
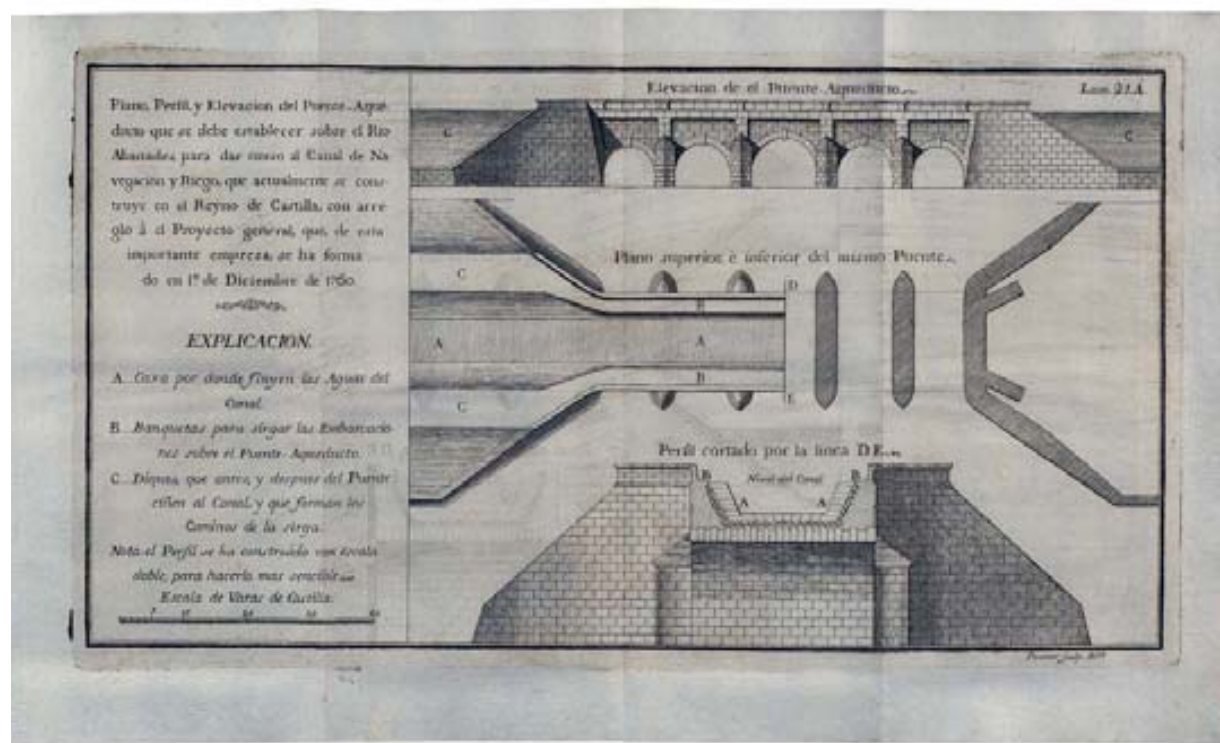
Maqueta de la cimentación y de las bóvedas formadas por arcos-onda del Palacio de Deportes de Oviedo para la exposición monográfica sobre el ingeniero Ildefonso Sánchez del Río, organizada por la Fundación e inaugurada en la sede madrileña del Colegio de Ingenieros de Caminos en el año 2011.

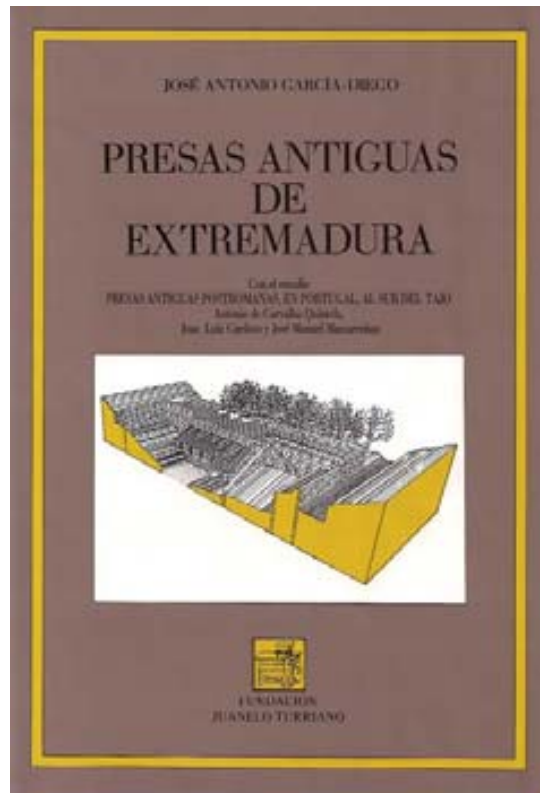


Estructuras laminares de Félix Candela. Maquetas realizadas por la Fundación para la exposición **Félix Candela. La conquista de la esbeltez.**

Una obra clásica para la historia de la ingeniería y construcción en España es el *Tratado de Fortificación ó Arte de construir los Edificios Militares, y Civiles*, del inglés John Muller, traducido al español y considerablemente ampliado por Miguel Sánchez Taramas, director de la Real Academia Militar de Barcelona, donde se publicó en 1769. La Fundación ha digitalizado y puesto en línea el ejemplar de su biblioteca, una vez restaurado tras su adquisición en 2009.







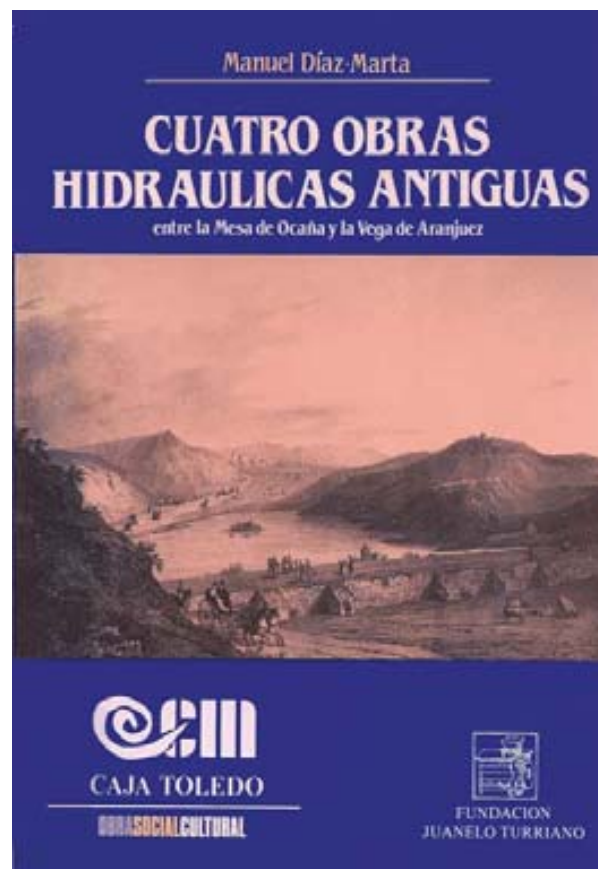
El ingeniero David Fernández-Ordóñez, patrono de la Fundación, dirigió la reedición ampliada del libro de García-Diego sobre las presas romanas, medievales y renacentistas de Extremadura, que se publicó en 1994, ya fallecido su autor.

Una de las obras más interesantes de entre las descritas en el libro es el Estanque de Guadalupe, del que se muestra una maqueta realizada para la exposición [Ars Mechanicae](#). El ingeniero José Antonio Juncá Ubierna redactó por encargo de la Fundación un informe para promover la declaración como Bien de Interés Cultural de esta presa bajomedieval.





Manuel Díaz-Marta y Javier Goicolea, acompañados de sus esposas, en una de las visitas programadas durante las Jornadas de Hidráulica Monástica celebradas en Portugal en 1993.

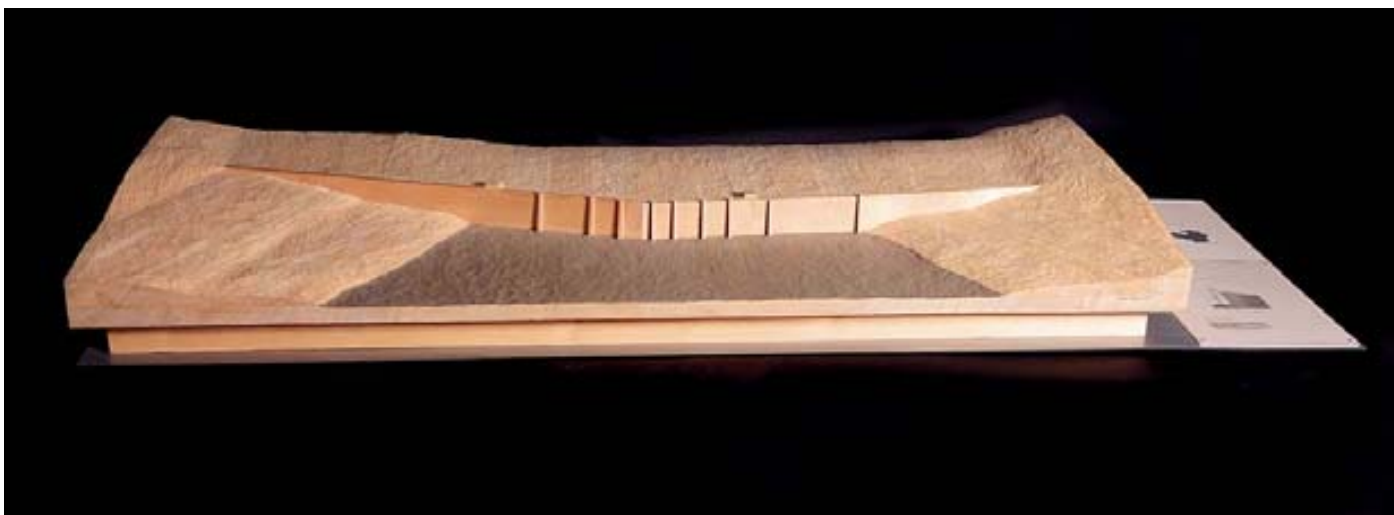


Coedición, con Caja Toledo, del trabajo de Manuel Díaz-Marta sobre las presas de Pontón Grande, Pontón Chico y Ontígola, así como sobre la Fuente Grande de Ocaña.



Arriba, los alumnos del III Curso de Verano asisten a la exposición de la arquitecta [Isabel Bestué](#), directora de los cursos de verano de la Fundación, sobre los sistemas hidráulicos de la Alhambra.

Abajo, en la visita realizada al puente-acueducto del desfiladero del Chorro, obra del ingeniero Eugenio Ribera.

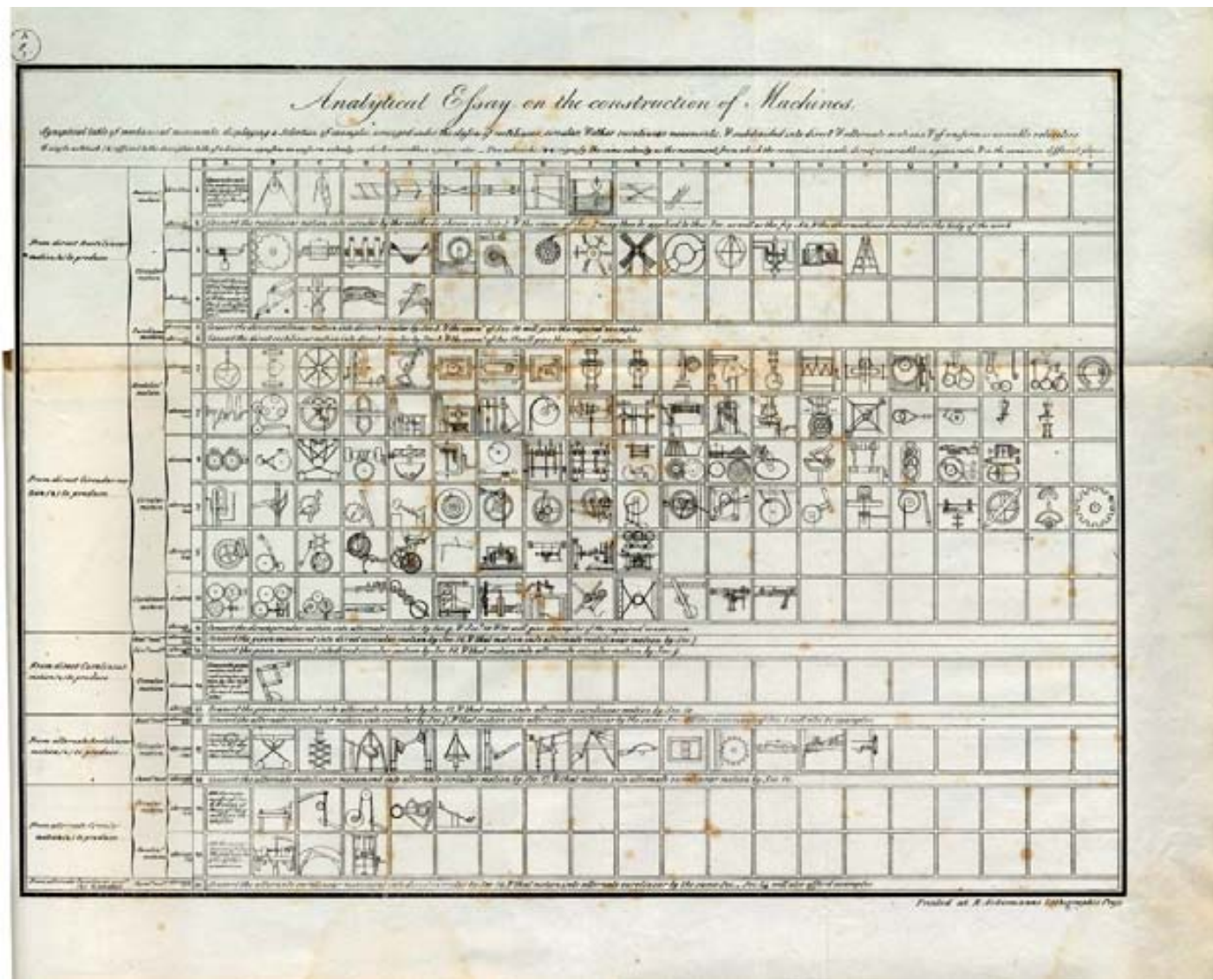


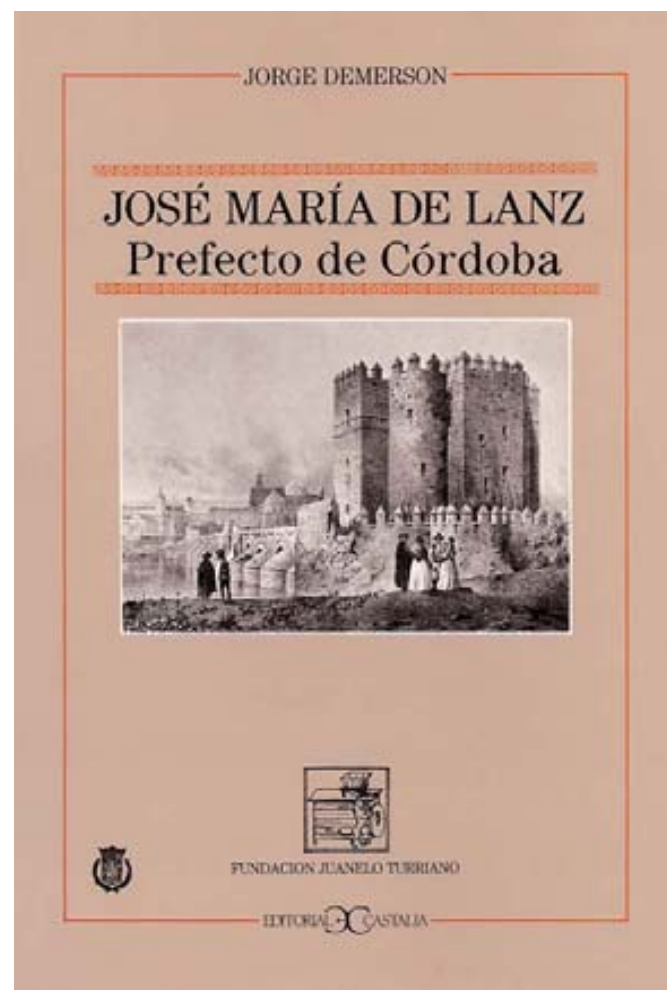
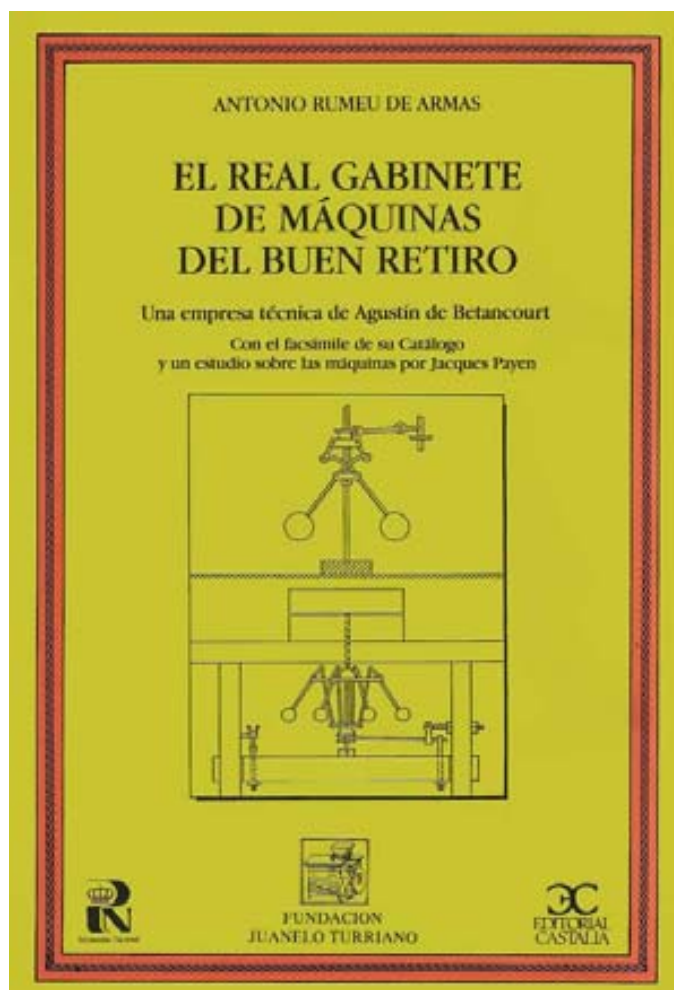
Buen ejemplo de la presencia de la hidráulica en las exposiciones de la Fundación son las maquetas de las presas de Proserpina para [Artifex. Ingeniería romana en España](#) y de Tibi para [Felipe II. Los ingenios y las máquinas](#).

Ingenieros y constructores

De Juanelo Turriano en el siglo XVI a Ildefonso Sánchez del Río en el siglo XX, varias figuras señeras de la Ingeniería han sido objeto de los estudios de la Fundación. Quizás la más destacable haya sido la de Agustín de Betancourt, ya que no en vano fue García-Diego el que denominó “Club de los Betancouristas” al grupo de ingenieros e historiadores que habían investigado la vida y obra del gran ingeniero canario. Patronos, asesores y colaboradores habituales de la Fundación fueron reconocidos “Betancouristas”, como Antonio Rumeu de Armas, Manuel Díaz-Marta, Ignacio González Tascón o Fernando Sáenz Ridruejo.

La Biblioteca de la Fundación dispone de varias primeras ediciones de las obras de Betancourt, entre las que destacan las ediciones francesa e inglesa del **Ensayo sobre la Composición de las Máquinas**, escrito por Agustín de Betancourt en colaboración con José María de Lanz.





Entre las primeras publicaciones de la Fundación se encuentran estas dos monografías relativas a Betancourt y Lanz, escritas respectivamente por el historiador y académico Antonio Rumeu de Armas y el hispanista francés Jorge Demerson.



El ingeniero e historiador [Fernando Sáenz Ridruejo](#), presidente de la Comisión Asesora y patrono de la Fundación, interviene en el IV Curso de Verano, de 2008, cuyo tema era [En torno a Betancourt. La ingeniería entre la Ilustración y la Revolución Industrial](#).

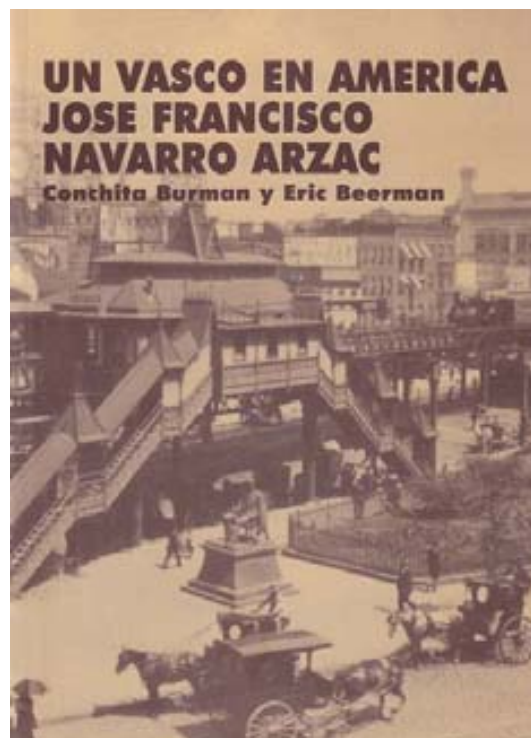
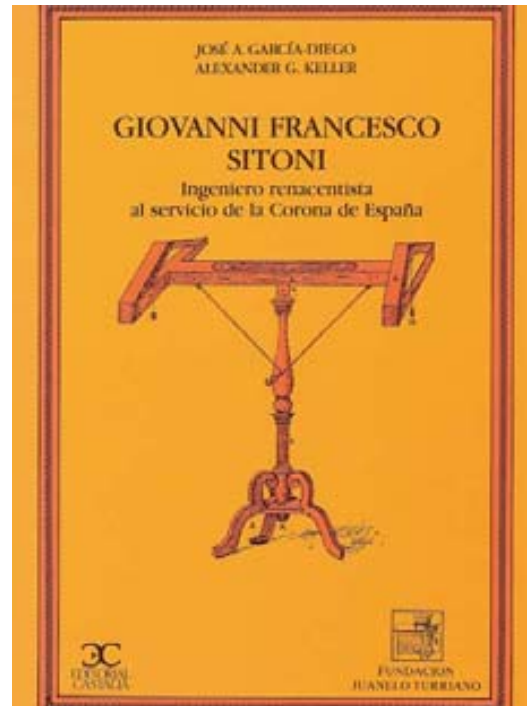
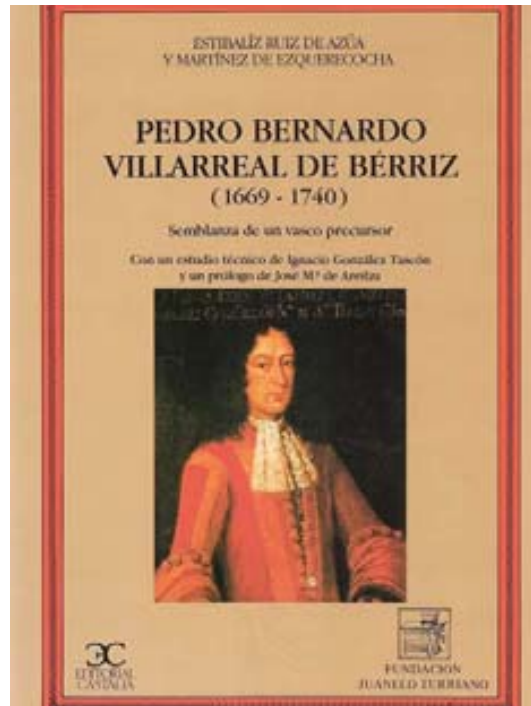


La Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia ha digitalizado la documentación disponible de Betancourt, haciéndola accesible a través de la Red. Fue un proyecto patrocinado sucesivamente por CEDEX-CEHOPU y la Fundación Juanelo Turriano, cuyo resultado se presentó en el Colegio de Caminos en Madrid, en 2010.

Desde la izquierda, [Sergio Toledo](#), presidente de la Fundación Canaria Orotava, [Victoria-no Muñoz Cava](#), presidente de la Fundación Juanelo Turriano, [Pedro Rodríguez](#), secretario del Colegio, [Manuel Echevarría](#), subdirector del CEDEX, y [Fernando Sáenz Ridruejo](#).

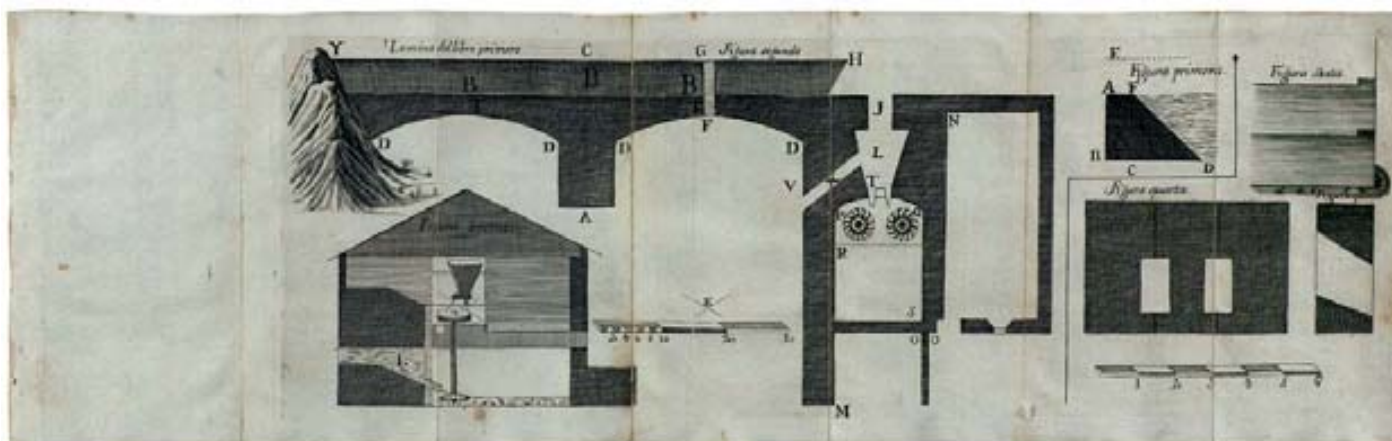


Dirigida la edición por la catedrática Alicia Cámara, asesora de la Fundación, este volumen incluye textos del profesor Rafael Moreira sobre la etapa portuguesa de Leonardo Turriano y del profesor Marino Viganò sobre sus orígenes italianos, documentando el parentesco de Leonardo Turriano con Juanelo. También se incluye la transcripción, a cargo de Daniel Crespo, de un manuscrito inédito sobre Orán y Mazalquivir, junto con la reproducción de sus numerosas y excelentes ilustraciones.

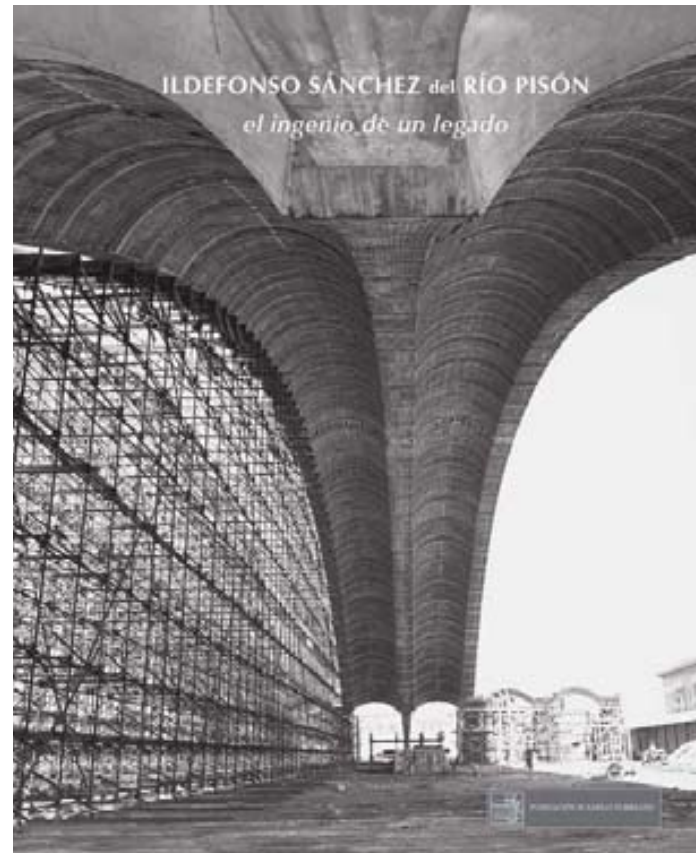
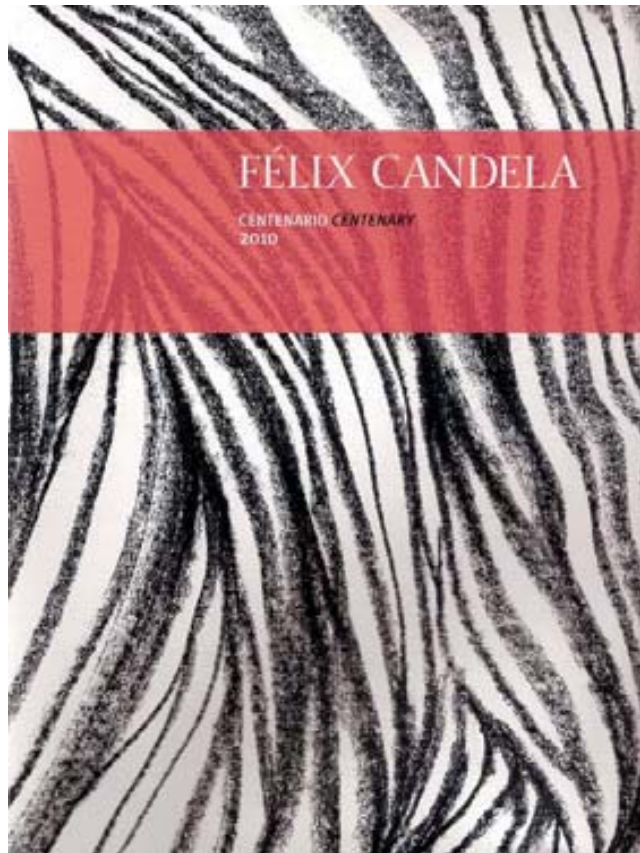


Dos personajes dados a conocer mediante las publicaciones de la Fundación fueron el vasco Pedro Bernardo Villarreal de Bériz, que escribió en 1736 *Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya*, y el italiano Giovanni Francesco Sitoni, contemporáneo de Juanelo y autor de un manuscrito sobre las aguas, hasta entonces inédito, cuya transcripción se incluye en el libro.

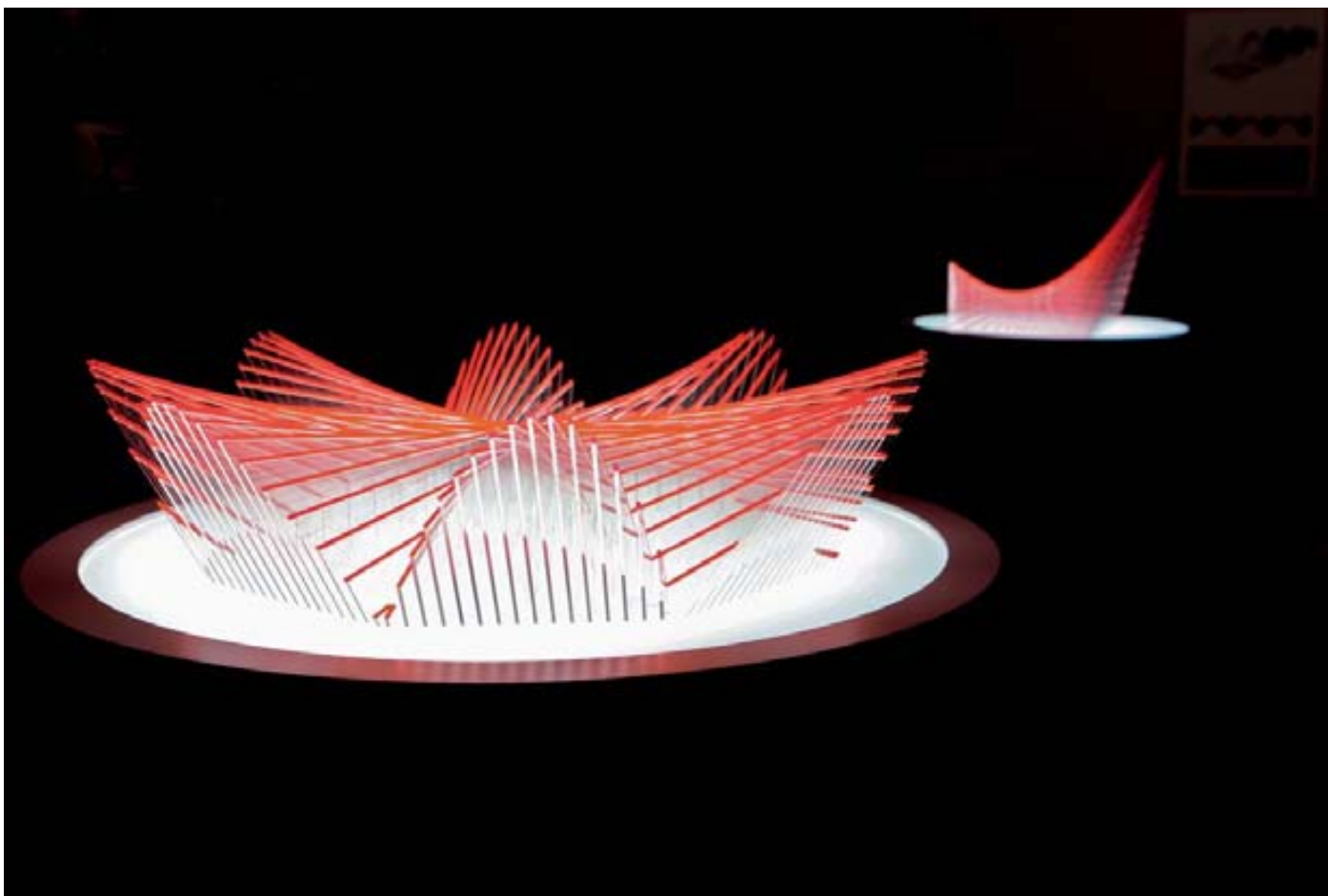
En 1998 la Fundación publicó junto a la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País una extensa monografía sobre el ingeniero y empresario José Francisco Navarro Arzac, cuyas obras e iniciativas tuvieron una gran repercusión en Estados Unidos a finales del siglo XIX.



Entre los libros del fondo antiguo de la Biblioteca de la Fundación que se encuentran en proceso de digitalización para su libre consulta en línea, se encuentra ya disponible el tratado de Villarreal, donde, entre otras materias, se describen las presas de contrafuertes por él construidas. Arriba, la presa de Bedia.



Con la exposición **Félix Candela. La conquista de la esbeltez**, de 2010 y realizada en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid, la Fundación entró en el campo de la historia de la ingeniería y construcción del siglo XX, actuación que se prolongó con la inmediata producción de la muestra **Ildefonso Sánchez del Río. El ingenio de un legado**, inaugurada en 2011.



Maquetas realizadas para la exposición **Félix Candela. La conquista de la esbeltez**, actualmente cedidas en depósito por la Fundación al CEDEX.



El presidente de la Fundación, [Victoriano Muñoz Cava](#), la arquitecta y comisaria de la exposición, [Pepa Cassinello](#), el alcalde de Madrid, [Alberto Ruiz-Gallardón](#), y el rector de la Universidad Politécnica de Madrid, [Javier Uceda](#), en un momento de la inauguración de [Félix Candela. La conquista de la esbeltez](#), en el Centro Conde Duque en Madrid.



Una versión itinerante de la exposición sobre Félix Candela viajó en 2011 a la Universidad Técnica de Berlín y al Deutsches Museum de Múnich, frente al cual vemos a algunos de los asistentes a la inauguración: [Bernardo Revuelta](#), [Victoriano Muñoz Cava](#), [Dirk Bühler](#), [Javier Uceda](#), [Antonio Lamela](#), [Pepa Cassinello](#), [Luis Maldonado](#), [María Rosario Fernández Villa](#) y [José Antonio Torroja](#).



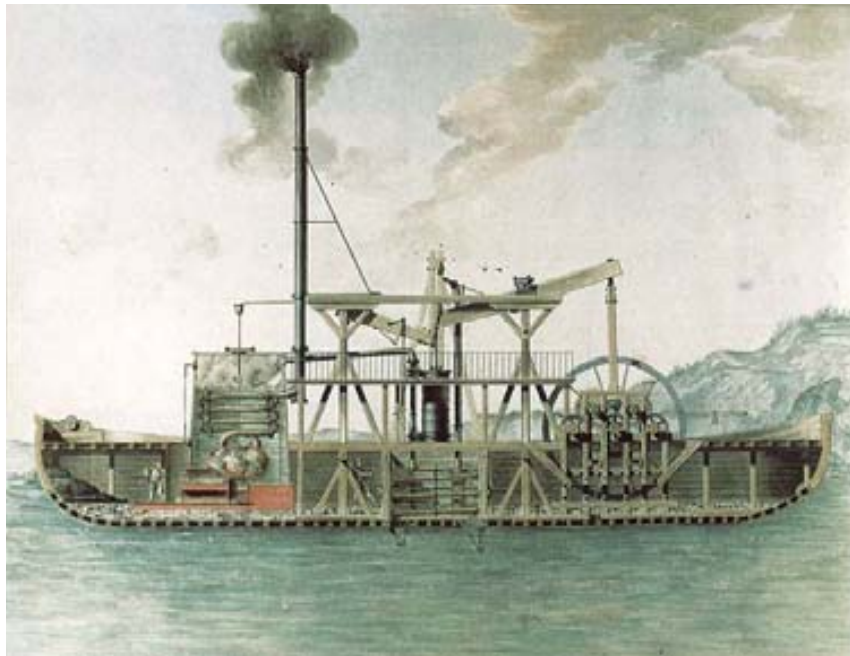
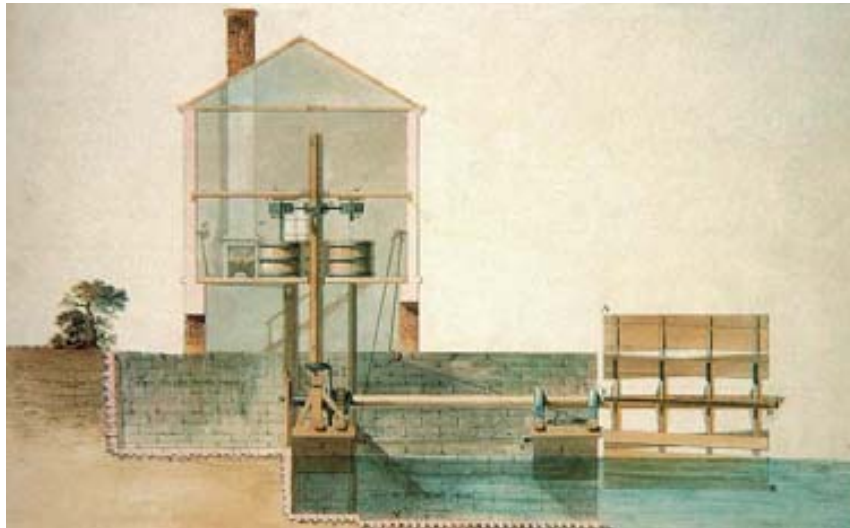
Juan Ignacio Chacón fue el ganador de la VI edición del Premio García-Diego con un trabajo sobre el proyecto, construcción y pruebas del submarino "Peral", actualmente en proceso de edición. El acto de entrega del premio tuvo lugar en el Cuartel General de la Armada, el 9 de mayo de 2012. En la mesa, detrás del premiado, Fernando Sáenz Ridruejo, Victoriano Muñoz Cava, el director del Museo Naval, almirante Gonzalo Rodríguez González-Ayer, y Bernardo Revuelta Pol.



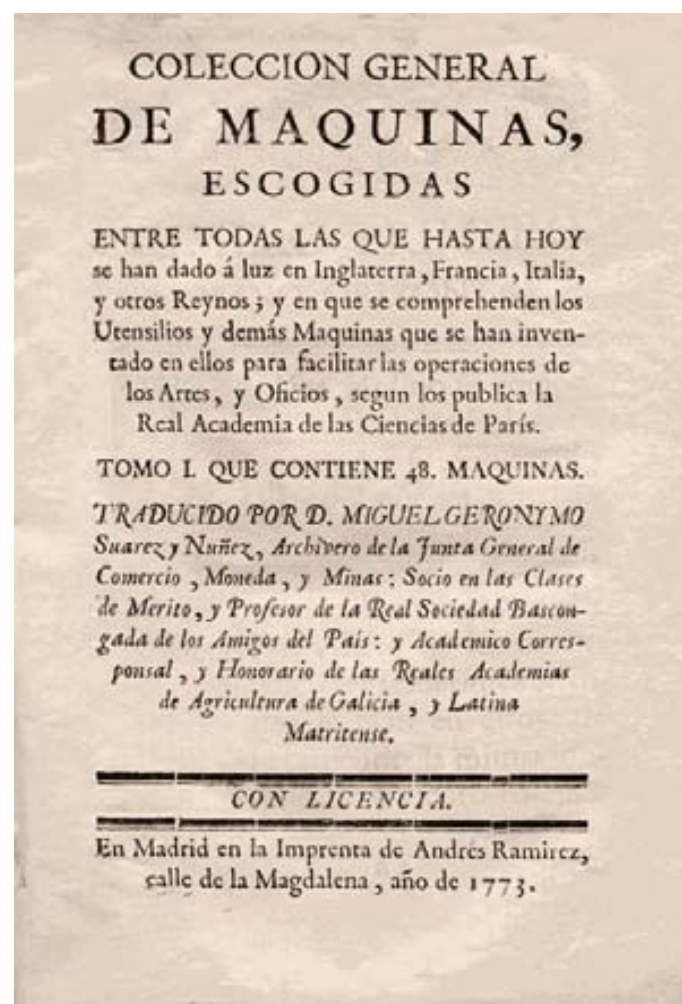
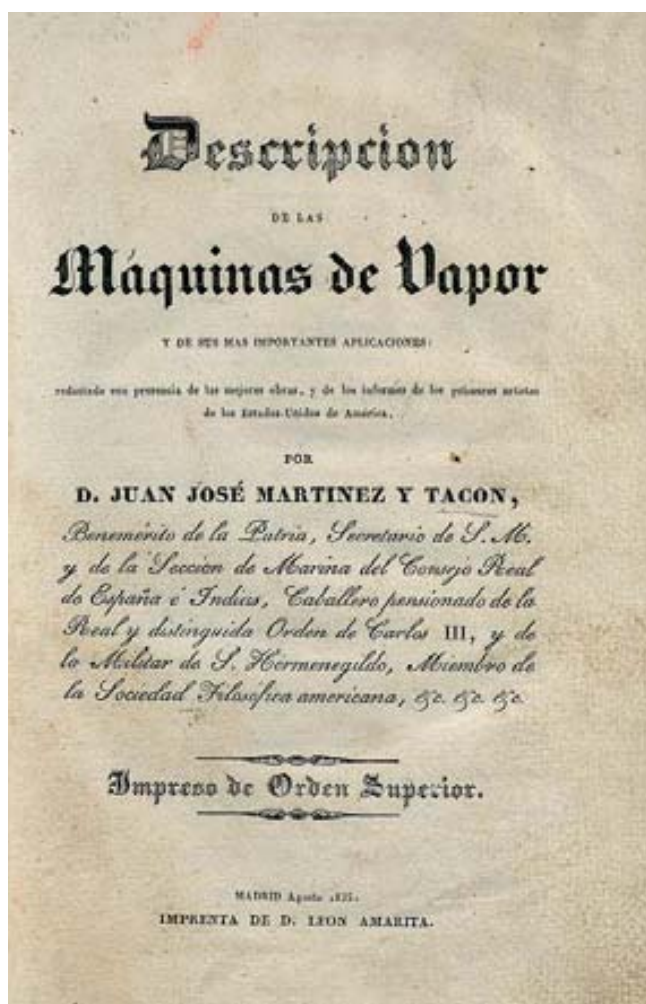
La exposición **Ildefonso Sánchez del Río. El ingenio de un legado**, producida íntegramente por la Fundación, se inauguró en octubre de 2011 en la sede madrileña del Colegio de Caminos. Pepa Cassinello y Bernardo Revuelta se encargaron de la comisaría y el diseño. Abajo, la exposición en su itinerancia en la Casa de Cultura de Pola de Siero.

Ingenios y Máquinas

De Vitruvio a Betancourt, la descripción, el diseño y la construcción de todo tipo de máquinas ha constituido una parte esencial del trabajo de ingenieros y artífices. Ingenios y artificios que hasta la revolución industrial eran movidos principalmente por la energía del agua, aunque también eran de tracción de sangre o impulsados por el viento o por la energía mecánica de resortes o péndulos, como los pequeños autómatas contruidos por Juanelo. Máquinas, y su historia, siempre presentes en la Biblioteca y en las actividades de la Fundación.



A caballo entre dos épocas, Agustín de Betancourt proyectó máquinas hidráulicas tradicionales, como el molino de sílex (arriba, Science Museum, Londres), pero fue también pionero en el uso de la nueva energía del vapor, como en la draga de Kronsstadt (abajo, Universidad Estatal de Vías de Comunicación, San Petersburgo).



Además del ya citado [Ensayo](#) de Lanz y Betancourt, el Fondo Antiguo de la Biblioteca dispone de otras obras de especial interés en esta materia, que a medida que son digitalizadas se ponen en la página web para la libre consulta del público.

Ignacio González Tascón explica, mediante una maqueta, el funcionamiento de la sierra hidráulica de Aranjuez a la ministra de Educación y Cultura, Esperanza Aguirre. La exposición Felipe II. Los ingenios y las máquinas, inaugurada en el Real Jardín Botánico de Madrid en 1998, obtuvo un gran éxito, siendo visitada por cerca de cien mil personas.

Foto Agencia EFE



Varias de las maquetas de máquinas realizadas para esta exposición se hicieron a partir de los dibujos de *Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas de Juanelo Turriano*, como las de dragas que se ven en la fotografía.



En primer plano, maqueta de noria de tradición árabe, y al fondo, noria de sangre de las salinas de Imón, en la exposición *Ars Mechanicae. Ingeniería medieval en España*, inaugurada en 2008. Piezas pertenecientes al CEDEX.



La II edición del Premio García-Diego fue ganada por un trabajo sobre el Real Ingenio de la Moneda de Segovia, ceca movida por energía hidráulica que proyectó Juan de Herrera para Felipe II.

Arriba, los autores premiados, [Jorge Soler](#), [José María Izaga](#) y [Glenn Murray](#), con [Begoña García-Diego](#) en el acto de entrega del premio en la Academia de Bellas Artes de San Fernando en 2004. El trabajo fue posteriormente publicado por la Fundación.



La Fundación mantiene una permanente colaboración con el Ayuntamiento de Segovia orientada a la recuperación del Real Ingenio para su uso como Museo de la Moneda y espacio cultural. Para ello promovió la construcción de tres ruedas hidráulicas que, diseñadas por Jorge Soler y José María Izaga y fabricadas por Miguel Ángel Moreno, ya se encuentran instaladas y funcionando, movidas por las aguas del río Eresma.



Firma del Convenio entre el alcalde de Segovia, [Pedro Arahuetes](#), y el presidente de la Fundación, [Victoriano Muñoz Cava](#), acompañados de [Pedro Navascués](#), patrono de la Fundación Juanelo Turriano y presidente de la Fundación Real Ingenio de la Moneda de Segovia.

Molinos

José Antonio García-Diego solía contar con satisfacción que era un honor ser el único miembro español de TIMS, The International Molinological Society. Cuando veraneaba en Biarritz recibía la visita de Antxón Aguirre y Koldo Lizarralde, y en esas reuniones de amantes de los molinos surgió la idea de crear una asociación molinológica en España. Idea que se materializó años después con ACEM, Asociación para la Conservación y Estudio de los Molinos, con la que la Fundación ha tenido y tiene una estrecha relación.



Miembros y amigos de la Fundación asistentes al Primer Congreso Nacional de Molinos, celebrado en Santiago de Compostela el año 1995. Desde la izquierda, [Ana María Ruigómez Iza](#), [García Rueda](#), [Begoña García-Diego](#), [Pepita Téllez](#), [Ignacio González Tascón](#), [Francisco Vigueras](#), [Esther Carmona](#), [Manuel Díaz Marta](#) y [Javier Goicolea](#).



En el VII Congreso de ACEM, celebrado en Zamora en el año 2010, se nombra a la Fundación Socio de Honor.



La primera época de *Molinum*, boletín de ACEM, tuvo una importante participación de [Esther Carmo-na](#), secretaria de la Fundación, y de [García Rueda](#), historiador y Jefe de Documentación.



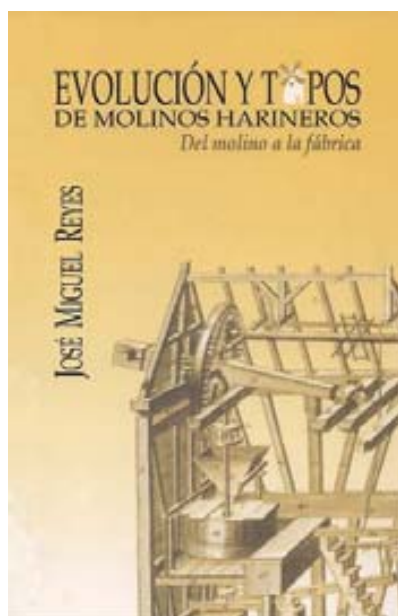
En la inauguración de la exposición **Felipe II. Los ingenios y las máquinas**, [Ignacio González Tascón](#) muestra a [Esperanza Aguirre](#) un rodezno cedido para la muestra por el estudioso y coleccionista de la hidráulica Rómulo Gavarró.



Maquetas de las diversas tipologías de ruedas hidráulicas para molinos diseñadas y producidas para la exposición *Ars Mechanicae*.

La Fundación colaboró en la publicación de un estudio del profesor José Miguel Reyes Mesa que hace un amplio recorrido por la historia y tipología de los molinos harineros, especialmente en la zona de Granada, donde se publicó este trabajo en 2001.

A la derecha, maqueta de un molino de almadenetas, realizada para la exposición de *Felipe II. Los ingenios y las máquinas*.



Relojes

Entre los múltiples intereses de José Antonio García-Diego se encontraba todo lo relacionado con el mundo de los relojes, ya fuera como objetos de coleccionista o contemplados como sujetos protagonistas de un importante capítulo de la historia de la ciencia y la tecnología. Mantenía una buena amistad con la familia Breguet y desde 1970 era miembro de la Antiquarian Horological Society.

La edición en inglés de la biografía de Juanelo que publicó en 1986 tenía como título *Juanelo Turriano, Charles V's Clockmaker*, y la biografía completa, en la que trabajó los últimos años de su vida y no pudo concluir, pensaba titularla *El Relojero y el Río*.

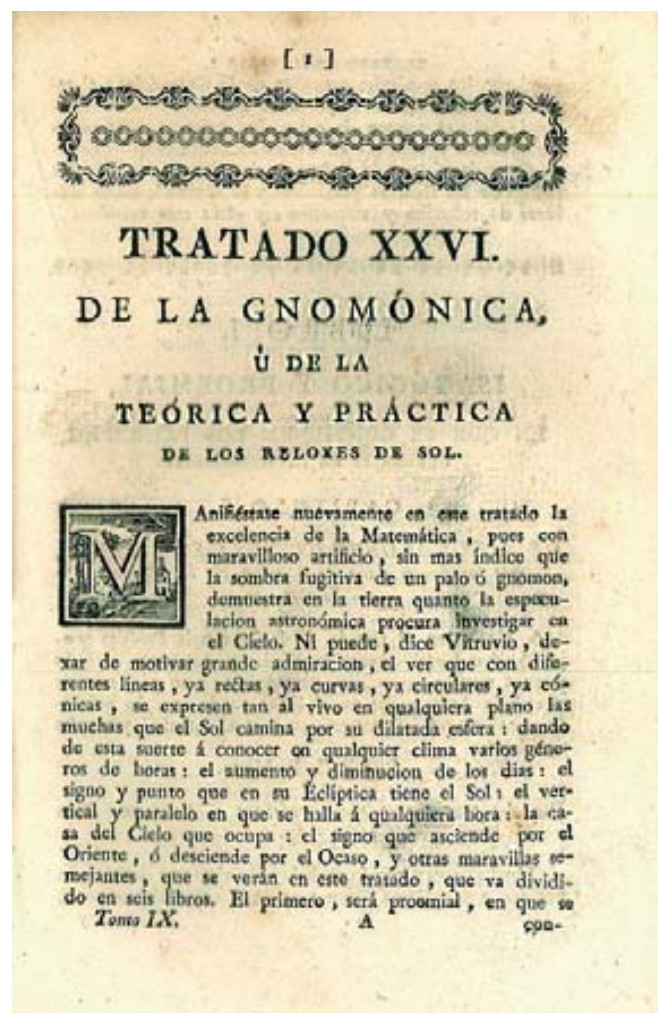
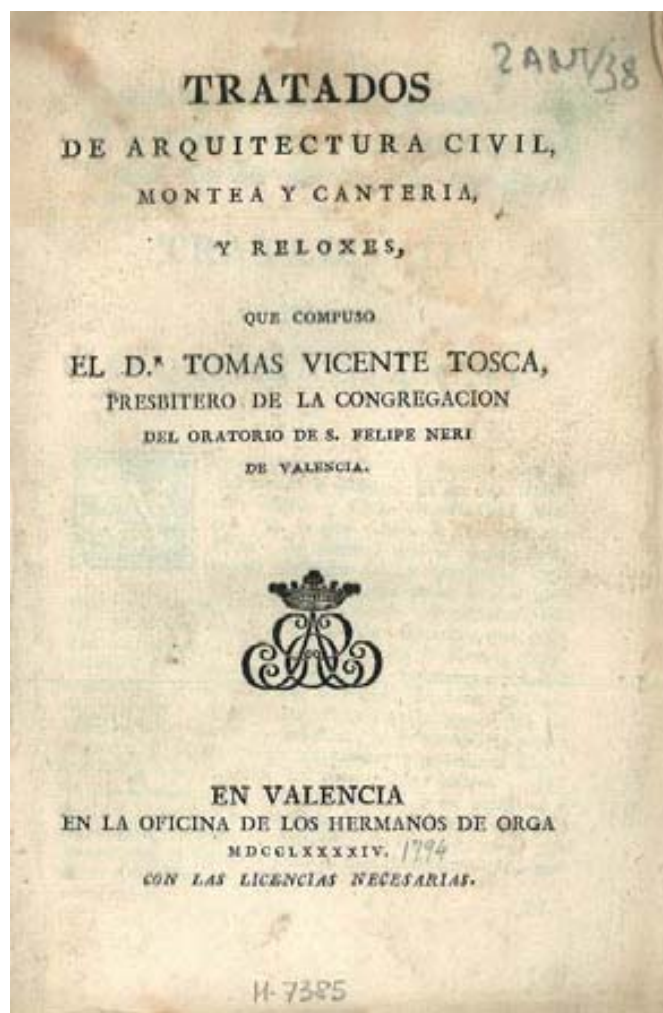
En el busto de Juanelo que preside el vestíbulo de la Fundación, reproducción del original que se custodia en el Museo de Santa Cruz de Toledo, puede leerse una inscripción que dice: "Ianelus Turrian: Cremon: Horolog Architect". En efecto, a pesar de la fama de su Artificio, obra capital de la ingeniería mecánica e hidráulica, Juanelo Turriano era esencialmente un maestro relojero, y como tal, gran conocedor de la astronomía, como demuestran el informe que realizó sobre la reforma del calendario gregoriano, a petición del Papa Gregorio XIII, y por supuesto los dos grandes relojes diseñados y construidos por encargo del emperador Carlos V, el planetario y el cristalino.



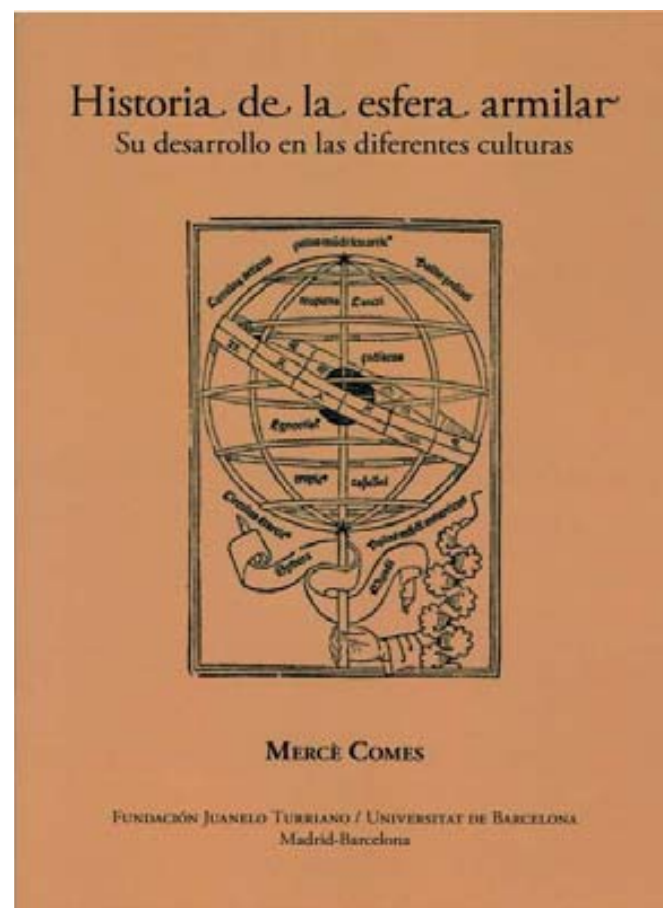
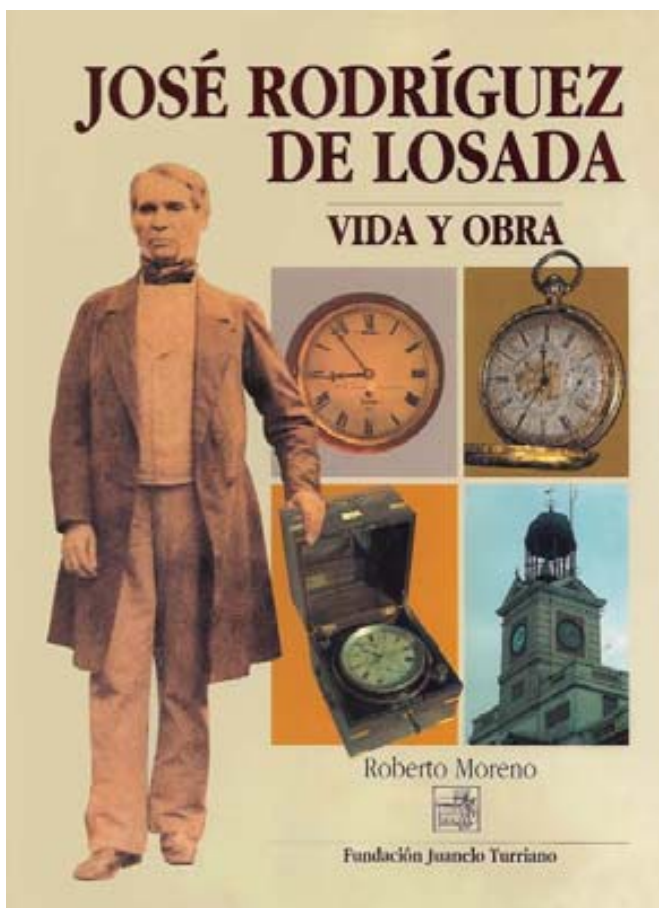
Reloj de sol del Monasterio de Yuste, atribuido a Juanelo Turriano.



Reloj y planetario perteneciente a la Fundación.



Tomás Vicente Tosca fue un intelectual polifacético cuyos escritos sobre construcción y gnomónica fueron reunidos e impresos en 1794, muchos años después de su muerte acaecida en 1723. Un ejemplar de este libro fue adquirido en 2012, incorporándose a la numerosa colección de títulos que sobre esta materia dispone la Biblioteca de la Fundación.



El constructor de relojes José Rodríguez de Losada tuvo una brillante trayectoria internacional, especialmente en la Inglaterra victoriana, pero se le recuerda sobre todo por ser el autor del reloj de la Puerta del Sol de Madrid. Su completa biografía fue publicada por la Fundación en 1995, escrita por el profesor Roberto Moreno.

Los maestros relojeros como Juanelo fueron también grandes conocedores de la astronomía, y una de las pocas obras de Juanelo, por no decir única, que han llegado a nuestros días es una esfera armilar que se custodia en la Biblioteca Ambrosiana de Milán. En 1992 el ingeniero y catedrático José Antonio Fernández Ordóñez promovió desde la Fundación, de la que era patrono, la edición de un libro sobre la historia de la esfera armilar. La profesora Mercè Comes se hizo cargo del estudio, que no pudo publicarse en ese momento. Fallecida en 2010, la Fundación y la Universidad de Barcelona han coeditado este trabajo, revisado por el profesor Julio Samsó.



De entre las muchas obras presentes en la Biblioteca escritas por Luis Montañés, historiador de la relojería y amigo de García-Diego, destaca el trabajo que se publicó en una edición limitada en 1961.



David Fernández-Ordóñez, ingeniero de Caminos y patrono de la Fundación, en una visita realizada en 1991 al Science Museum de Londres, con motivo de su participación, con García-Diego, en el Simposio de TIMS, The International Molinological Society.

La biblioteca de la Universidad de Salamanca custodia un manuscrito que, por tratar de cuestiones de astronomía y estar escrito en italiano, se atribuyó durante siglos a Juanelo, lo que fue refutado hace unos años por la investigadora Carmen Castrillo. En efecto, este texto (del que se reproduce una página a la derecha de estas líneas) es una traducción de una obra de gran importancia en la historia de la ciencia española, el *Tratado de la esfera*, escrito por Juan de Rojas Sarmiento en latín y editado en París en el año 1551. Un ejemplar de esta primera edición ha sido recientemente adquirido y restaurado por la Fundación (abajo).



anexos

Patronato

Comisión Asesora

Directores

Publicaciones

Exposiciones

Premios

Colaboraciones

Cursos

Becas

Biblioteca



Patronos, asesores, personal y amigos de la Fundación en una visita a la Casa de la Moneda de Segovia en noviembre de 2011.



PATRONATO

PRESIDENTES

José Antonio García-Diego
1987-1993

Begoña García-Diego
1994-2006

Francisco Vigueras González
2006-2008

Victoriano Muñoz Cava
desde 2009

MIEMBROS DEL PATRONATO

José María Aguirre González
José María Aguirre Gonzalo
Carmen Becerril Martínez
José Calavera Ruiz*
David Fernández Ordóñez*
José Antonio Fernández Ordóñez
Javier Goicolea Zala*
Ignacio González Tascón
Victoriano Muñoz Cava*
Pedro Navascués Palacio*
Antonio Quijada Lesmes
Bernardo Revuelta García
Javier Rui-Wamba Martija
José Manuel Sánchez Ron*
Fernando Sáenz Ridruejo*
Mari Nieves Vázquez Menéndez
Francisco Vigueras González*

COMISIÓN ASESORA

PRESIDENTES

Pedro Laín Entralgo
1987-2000

Antonio Rumeu de Armas
2001-2006

Fernando Sáenz Ridruejo
desde 2008

MIEMBROS DE LA COMISIÓN

Antxon Aguirre Sorondo*
Carlos Blázquez Herrero*
José Calavera Ruiz
Alicia Cámara Muñoz*
Ángel del Campo Francés
Joaquín Casaldueiro
Luis Cervera Vera
José María de Areilza
Luis Alberto de Cuenca y Prado*
Manuel Díaz-Marta
Antonio Elorza
Antonio Fernández Alba
David Fernández Ordóñez
Leonardo Fernández Troyano
Juan Pablo Fusi Aizpurua
Juan Luis García Hourcade*
Nicolás García Tapia
José María Goicolea Ruigómez*
José Manuel Guinea Pérez*
María Josefa Jiménez Albarrán
Manuel Lombardero Soto*
Alfonso Maldonado Zamora*
José Mañas Martínez*
Rosario Martínez Vázquez de Parga*
Antonio Monfort Bernat*
Ángel Moreno Santiago*
Carlos Peña Martínez*
José Luis Peset
Julio Porres de Mateo*
Julio Porres Martín-Cleto
José Manuel Sánchez Ron
Fernando Sáenz Ridruejo

DIRECTORES

Javier Goicolea Zala
1993-2003

Ignacio González Tascón
2004-2006

Bernardo Revuelta Pol
desde 2006

(*) En activo en 2012

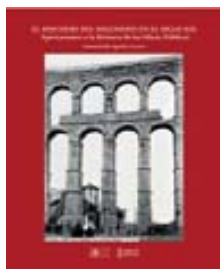




2012

AGUILAR, Inmaculada

El discurso del ingeniero en el siglo XIX. Aportaciones a la Historia de las Obras Públicas



2012

COMES, Mercè

Historia de la esfera armilar. Su desarrollo en las diferentes culturas



2011

CASSINELLO, Pepa; REVUELTA, Bernardo (eds.)

Ildefonso Sánchez del Río Pi-són. El ingenio de un legado



2011

RABASA DÍAZ, Enrique

El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert



2010

CÁMARA, Alicia; MOREIRA, Rafael y VIGANÓ, Mariano

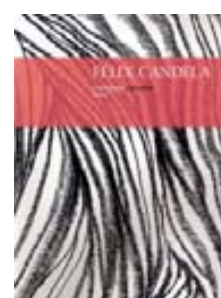
Leonardo Turriano, ingeniero del rey



2010

CASSINELLO, Pepa (ed.)

Félix Candela. La conquista de la esbeltez



2009

NAVARRO VERA, José Ramón

Pensar la Ingeniería. Antología de textos de José Antonio Fernández Ordóñez



2009

CÓRDOBA DE LA LLAVE, Ricardo

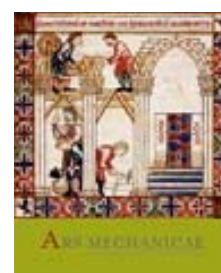
Ciencia y Técnica monetarias en la España Bajomedieval



2008

GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio y NAVASCUÉS PALACIO, Pedro (eds.)

Ars Mechanicae. Ingeniería medieval en España



2008

JUFRE GARCÍA, Francesc Xavier

El artificio de Juanelo Turriano para elevar agua al Alcázar de Toledo (s. XVI). Modelo con escaleras de Valturio



2008

RICART CABÚS, Alejandro

Pirámides y Obeliscos. Transporte y construcción: una hipótesis



2008

RECUERO, Antonio

Fundación Juanelo Turriano (1987-2008)





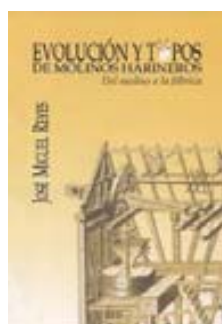
2006
MURRAY FANTOM, Glenn; IZAGA REINER, José María y SOLER VALENIA, Jorge Miguel
El Real Ingenio de la Moneda de Segovia. Maravilla tecnológica del siglo XVI



2005
GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio y VELÁZQUEZ, Isabel
Ingeniería romana en Hispania. Historia y técnicas constructivas



2001
NAVARRO VERA, José Ramón
El puente moderno en España (1850-1950). La cultura técnica y estética de los ingenieros



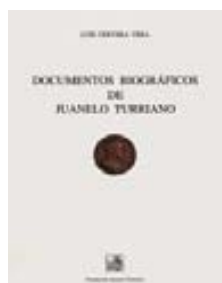
2001
REYES, José Miguel
Evolución y tipos de molinos harineros. Del molino a la fábrica



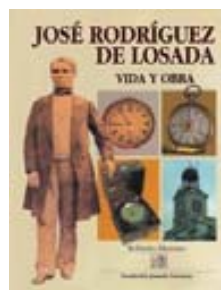
1997
CAMPO, Ángel del
Semblanza iconográfica de Juanelo Turriano



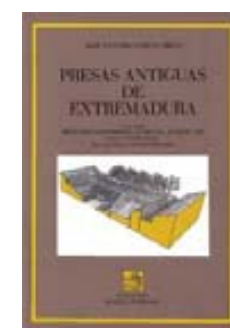
1996
Anónimo
Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas de Juanelo Turriano



1996
CERVERA VERA, Luis
Documentos biográficos de Juanelo Turriano



1995
MORENO, Roberto
José Rodríguez de Losada. Vida y obra



1994
GARCÍA-DIEGO, José Antonio
Presas antiguas de Extremadura



1992
DÍAZ-MARTA, Manuel
Cuatro obras hidráulicas antiguas entre la Mesa de Ocaña y la Vega de Aranjuez



1991
PORRES MARTÍN-CLETO, Julio
Un enigma histórico. El Baño de la Cava

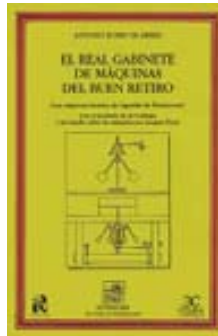


1990
DEMERSON, Jorge
José María de Lanz: Prefecto de Córdoba

1990

RUMEU DE ARMAS, Antonio

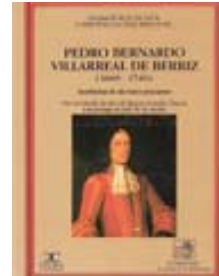
El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro. Una empresa técnica de Agustín de Betancourt



1990

RUIZ DE AZÚA, Estibaliz

Pedro Bernardo Villarreal de Bériz (1669-1740). Semblanza de un vasco precursor



1990

GARCÍA-DIEGO, José Antonio y KELLER, Alexander G.

Giovanni Francesco Sitoni. Ingeniero renacentista al servicio de la Corona de España



1985

GARCÍA-DIEGO, José Antonio

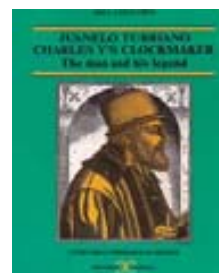
En busca de Betancourt y Lanz



1986

GARCÍA-DIEGO, José Antonio

Juanelo Turriano. Charles V's Clockmaker. The man and legend



1990

TURRIANO, Juanelo

Breve discurso a su Majestad el Rey Católico en torno a la reducción del año y reforma del calendario



Exposiciones

2011



Ildefonso Sánchez del Río. El ingenio de un legado

Organizada por
Fundación Juanelo Turriano

Sede

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid

Comisaría

Pepa Cassinello
Bernardo Revuelta Pol

Fecha

6 octubre 2010 / 3 noviembre 2011

2010



Félix Candela. La conquista de la esbeltez

Organizada por
Fundación Juanelo Turriano
Universidad Politécnica de Madrid

Sede

Centro Conde Duque, Madrid

Comisaría

Pepa Cassinello

Fecha

23 febrero / 18 abril 2010

2008



Ars Mechanicae. Ingeniería medieval en España

Organizada por
Ministerio de Fomento, CEDEX

Sede

Real Jardín Botánico, Madrid

Comisaría

Ignacio González Tascón
Pedro Navascués Palacio

Fecha

17 octubre 2008 / 7 enero 2009



Artifex. Ingeniería romana en España

Organizada por
Ministerio de Educación, Cultura y Deporte
Ministerio de Fomento, CEDEX
Fundación Juanelo Turriano

Sede

Museo Arqueológico Nacional, Madrid

Comisaría

Ignacio González Tascón

Fecha

20 marzo / 7 julio 2002



2002

Felipe II. Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y obras públicas en la época de Felipe II

Organizada por
Sociedad Estatal para la Conmemoración de los
Centenarios de Felipe II y Carlos V

Sede

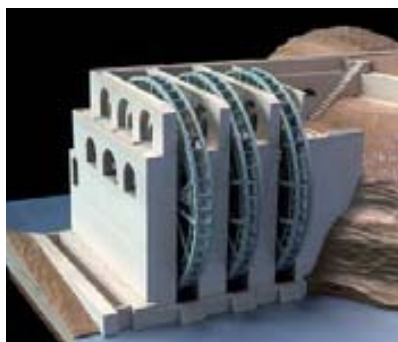
Real Jardín Botánico, Madrid

Comisaría

Ignacio González Tascón

Fecha

10 septiembre / 10 noviembre 1998



1998

Premios García-Diego de Investigación de la Historia de la Tecnología

La Fundación Juanelo Turriano convoca con carácter bienal el Premio Internacional GARCÍA-DIEGO, dotado con 12.000 euros, con el tema de **Investigación o Divulgación de la Historia de la Tecnología**, en cualquiera de sus ramas. El concurso está abierto a la participación de cualquier persona física de nacionalidad española o extranjera, que presente un trabajo en español, original e inédito.



VI Edición Premio García-Diego 2011

Submarino Peral. Día a día de su construcción, funcionamiento y pruebas
Juan Ignacio Chacón Bulnes



V Edición Premio García-Diego 2009

Historia técnica de la resina en España (1826-1936)
Juan Luis Delgado Macías

IV Edición Premio García-Diego 2008

Premio desierto



III Edición Premio García-Diego 2006

El transporte de grandes pesos en el Antiguo Egipto
Alejandro Ricart Cabús
Ciencia y técnica monetarias en la España Bajomedieval
Ricardo Córdoba de la Llave



II Edición Premio García-Diego 2004

El Real Ingenio de la Moneda de Segovia
Glenn Stephen Murray, José María Izaga y Jorge Miguel Soler



I Edición Premio García-Diego 2000

Los puentes del Guadalquivir
Francisco Javier Rubiato
Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco
Enrique Nuere



La Fundación Juanelo Turriano ha creído siempre en la utilidad de la colaboración con otras instituciones para la realización y difusión de sus proyectos, tales como publicaciones, exposiciones, cursos especializados o congresos científicos, entre otros, para lo cual se han firmado acuerdos y convenios de colaboración con diversas entidades.

INSTITUCIONES

ACEM (Asociación para la Conservación y Estudio de los Molinos)
AYUNTAMIENTO DE MADRID
AYUNTAMIENTO DE SEGOVIA
CÁTEDRA DEMETRIO RIBES-UNIVERSIDAD DE VALENCIA
CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas)
CILUS (Centro de Investigaciones Lingüísticas de la Universidad de Salamanca)
COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE LAS ISLAS BALEARES
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE MADRID
DEUTSCHES MUSEUM DE MUNICH
FUNDACIÓN AENA
FUNDACIÓN CANARIA OROTAVA DE HISTORIA DE LA CIENCIA
FUNDACIÓN UNIVERSIDAD EMPRESA
ICOHTEC (International Committee for the History of Technology)
MINISTERIO DE CULTURA
MUSEO NAVAL
UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia)
UNIVERSIDAD CARLOS III
UNIVERSIDAD DE BARCELONA
UNIVERSIDAD DE GRANADA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
SEHCYT (Sociedad Española de la Historia de las Ciencias y de las Técnicas)
REAL SOCIEDAD BASCONGADA DE LOS AMIGOS DEL PAÍS
TVE (Televisión Española)



Cursos de verano y extensión universitaria

Fundación Juanelo Turriano y Universidad de Granada
Directora: Isabel Bestué

2012

**La restauración de la obra civil
y el patrimonio industrial**

Almuñecar. Granada

2011

Fuentes de energía. Pasado y presente

Almuñecar. Granada

2010

Maestros del hormigón

Almuñecar. Granada

2009

Puertos andaluces y su historia

Almuñecar. Granada

2008

**En torno a Betancourt: la ingeniería entre
la Ilustración y la Revolución Industrial**

Almuñecar. Granada

2007

**Recuperación del patrimonio industrial
y de la obra pública**

Almuñecar. Granada

2006

Técnica e industria en la España medieval

Almuñecar. Granada

2005

**Arte y técnica en el Siglo de Oro español
(IV Centenario de El Quijote)**

Motril. Granada

Fundación Juanelo Turriano y Universidad Nacional de Educación a
Distancia (UNED)

Directora: Alicia Cámara

2012

**Ingeniería romana. Que la majestad de tu Imperio cuente con el adecuado
prestigio de edificios públicos**

Segovia



Convocatoria 2009-2010

MÓNICA HERRERA CASAIS

Tesis doctoral: [Cartografía náutica árabe en el siglo XVI: El atlas de 1571 de Alí Al-Sharafi](#).

Director de tesis: Maravillas Aguilar Aguilar (Profesora titular de Estudios Árabes e Islámicos del Departamento de Filología Clásica y Árabe de la Universidad de La Laguna).

Prorrogada en abril de 2010.

IGNACIO SORIANO LLOPIS

Tesis doctoral: [Producción metalúrgica prehistórica en el Nordeste peninsular, aportaciones tecnológicas y funcionales](#).

Director de tesis: Vicente Lull Santiago (Catedrático de Prehistoria de la Universidad Autónoma de Barcelona).

El 14 de mayo de 2010 fue leída y calificada con Excelente cum laude.

Convocatoria 2009-2011

CRISTINA MARTÍN HERRERO

Tesis doctoral: [El léxico de los ingenios y máquinas en el Renacimiento](#).

Director de tesis: M^a Jesús Mancho Duque (Directora del Centro de Investigaciones Lingüísticas de la Universidad de Salamanca).

JENNY PÉREZ MARRERO

Tesis doctoral: [Trazado del acueducto romano de Cádiz](#).

Director de tesis: Rafael Lucas Ruiz (Catedrático de la Universidad de Sevilla. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II).

Codirectora de tesis: Isabel Bestué Cardiel (Profesora de la Universidad de Granada. Departamento de Expresión Gráfica en la Arquitectura e Ingeniería).

Convocatoria 2011-2012

JUAN DAVID MORALES PAZOS

Tesis doctoral: [Estudio de los Relojes de Alfonso X. Edición del manuscrito y análisis de funcionamiento de los relojes de Agua, Argent Vivo y Candela](#).

Director de Tesis: Julio Samsó Moya (Universitat Autònoma de Barcelona).

MARTA VERA PRIETO

Tesis doctoral: [El patrimonio industrial y su musealización: Fábricas de San Juan de Alcaraz](#).

Director de tesis: Horacio Fernández (Universidad de Castilla-La Mancha).

Codirector de tesis: María del Carmen Cañizares Ruiz (Universidad de Castilla-La Mancha).

Biblioteca

El origen de la Biblioteca de la Fundación Juanelo Turriano reside en la importante colección de libros y otras publicaciones propiedad de José Antonio García-Diego, donada por él a la Fundación, y que se ha ido incrementando mediante adquisiciones, intercambios y otras donaciones.

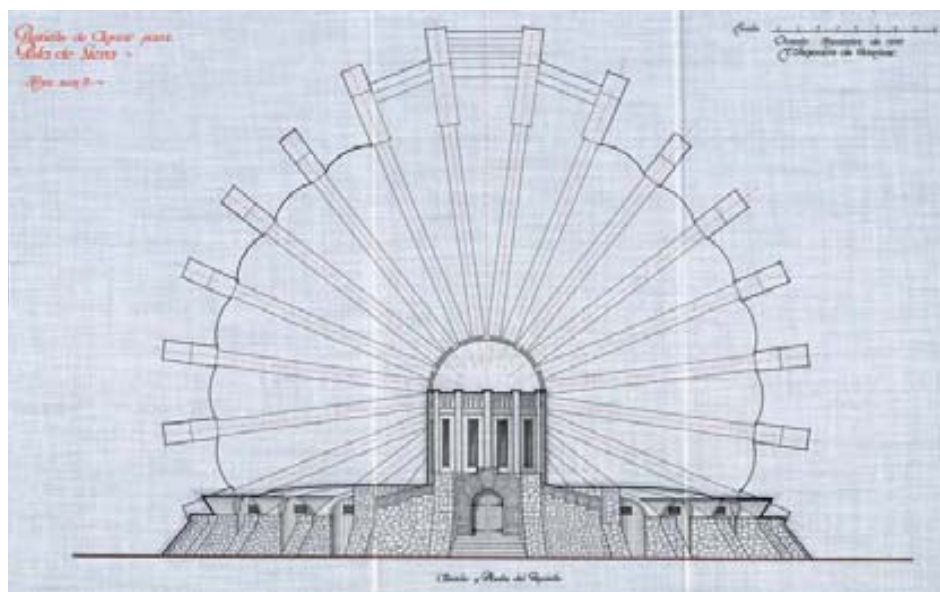
Actualmente cuenta con cerca de 8.000 títulos, de los cuales unos 500 corresponden al Fondo Antiguo, compuesto por obras editadas con anterioridad al año 1900. Las principales referencias bibliográficas son las relativas a la historia de la ciencia y de la técnica, así como a las de arte, arquitectura y geografía.

La Biblioteca de la Fundación Juanelo Turriano está abierta a todo el público interesado, que puede examinar su catálogo por vía digital y consultar los libros y revistas en las salas habilitadas para ello.

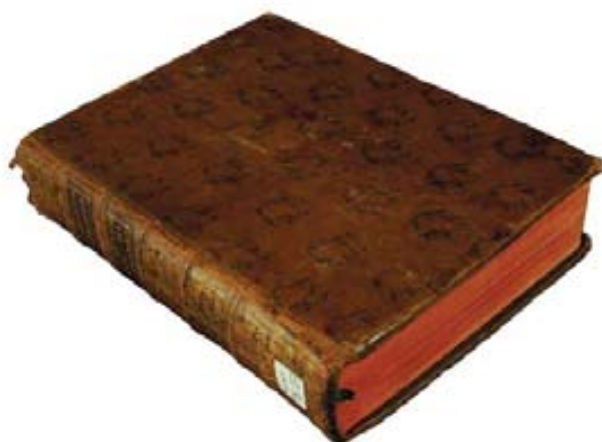




La Fundación custodia una abundante documentación original de Ildefonso Sánchez del Río, cedida en depósito por la familia del ilustre ingeniero. Toda esta documentación se encuentra digitalizada para su mejor conservación y facilidad de consulta.

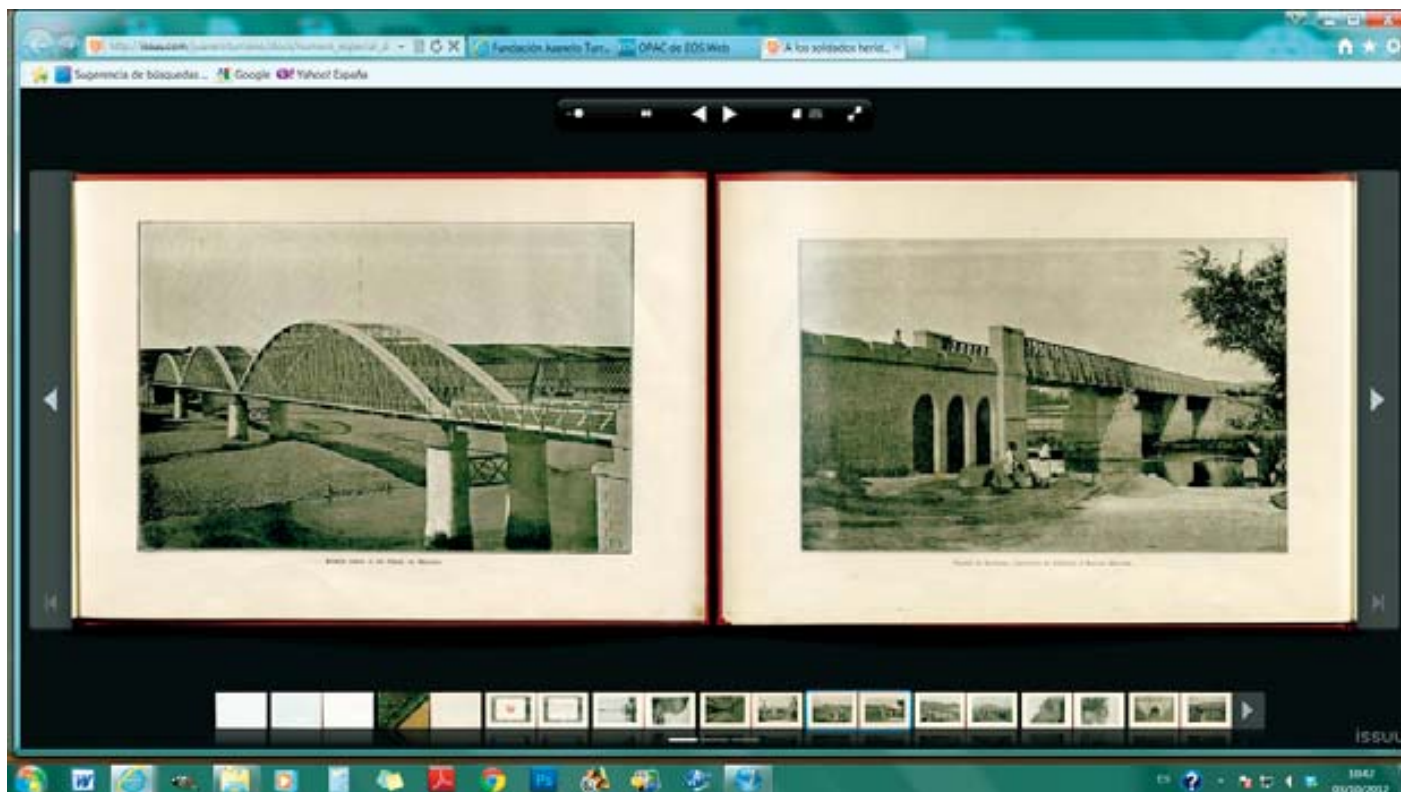


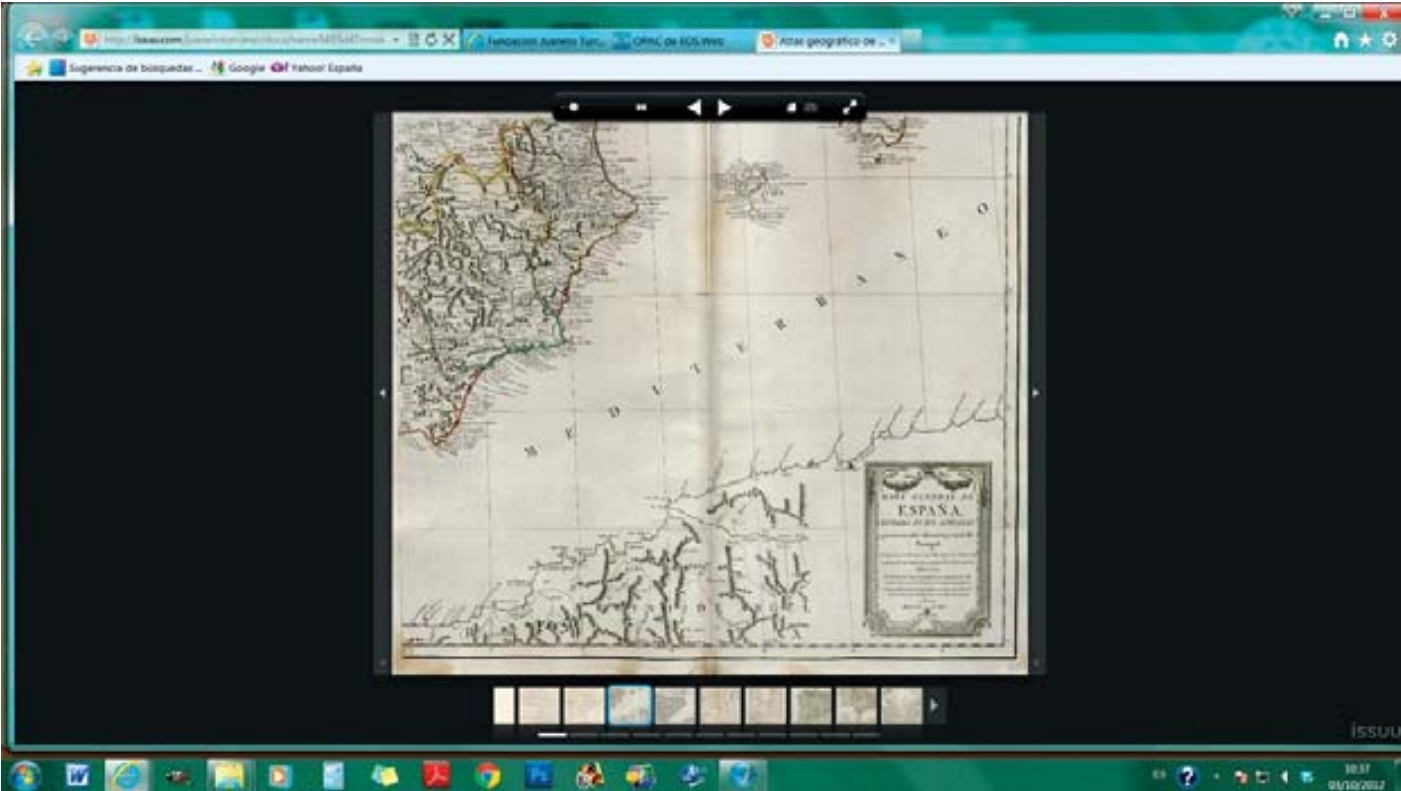
El programa de restauración de las obras del Fondo Antiguo ha permitido recuperar y proteger 40 volúmenes hasta ahora, labores que se continuarán para garantizar la idónea conservación de este valioso patrimonio.

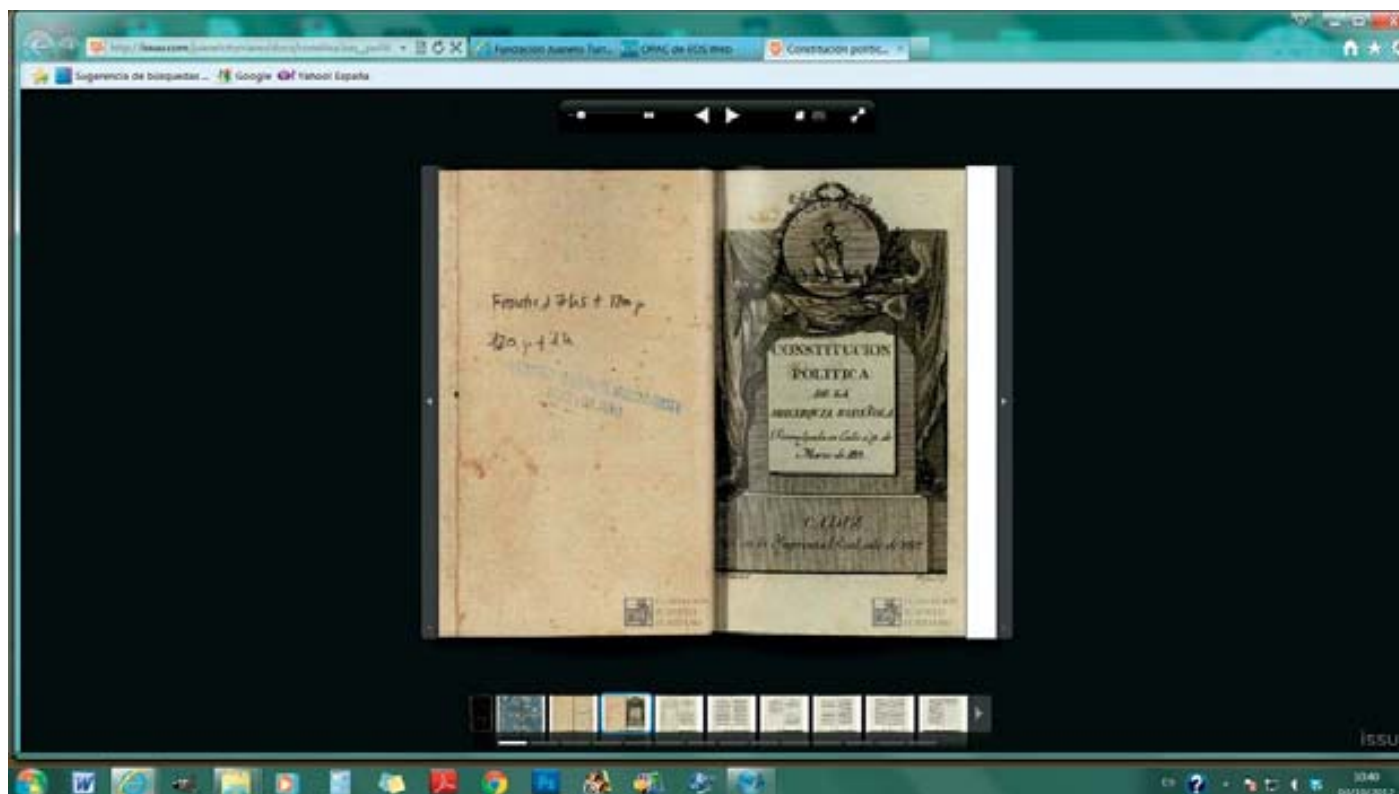




Una selección de obras, principalmente del Fondo Antiguo, está siendo digitalizada y puesta en la red, bien para su visualización on line o permitiendo su descarga libre en algunos casos. En el año 2012 hay unos 80 títulos disponibles, número que se espera incrementar de forma significativa en un inmediato futuro.







Este
libro se
terminó de imprimir
en los primeros días de diciembre de
2012, coincidiendo el año con el bicentenario de las
Cortes de Cádiz



